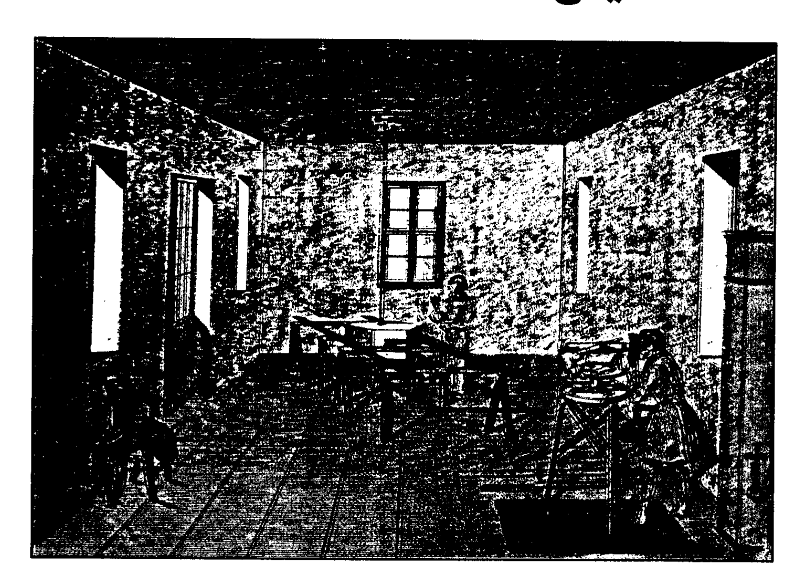
جمهورية مصر العربية
وزارة الدولة لشئون البحث العلمي
المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية
حلوان



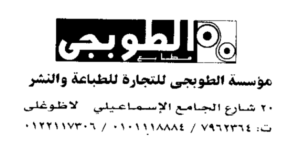
تاريخ المغناطيسية الأرضية



تأليف

أ.د / حنفى على دعبس

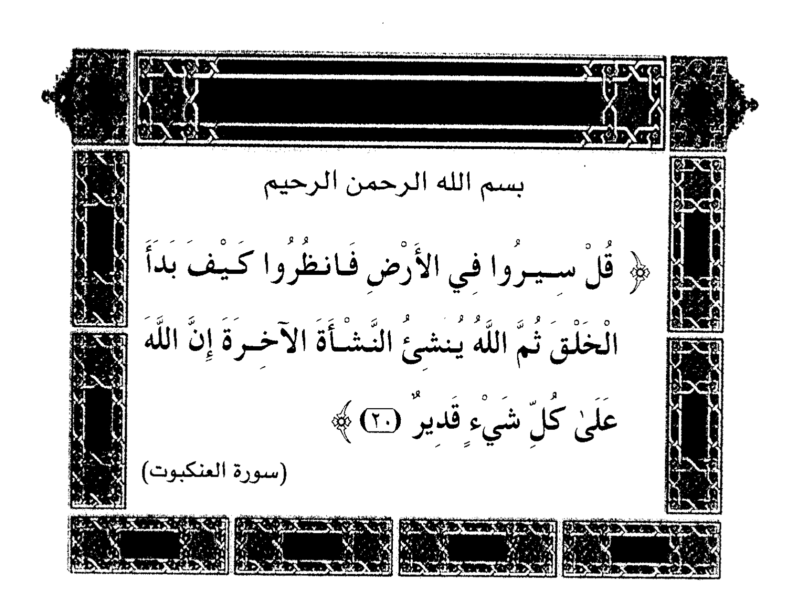
٢٠٠٣



مؤسسة الطوبجى للتجارة للطباعة والنشر
٢٠ شارع الجامع الإسماعيلي لاظوغلى
ت: ٧٩٦٢٣٦٤ / ٠١٠١١١٨٨٨٤ / ٠١٢٢١١٧٣٠٦






بسم الله الرحمن الرحيم
﴿ قُلْ سِيرُوا فِي الأَرْضِ فَانظُرُوا كَيْفَ بَدَأَ
الْخَلْقَ ثُمَّ اللَّهُ يُنشِئُ النَّشْأَةَ الآخِرَةَ إِنَّ اللَّهَ
عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ (٢٠) ﴾
(سورة العنكبوت)



شكر وتقدير

يتقدم المؤلف بأسمى آيات الشكر إلى السيد الأستاذ الدكتور/ على عبد العظيم تعيلب رئيس المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية على مناقشاته المستفيضة وتشجيعه الدائم ومتابعته لإصدار هذا الكتيب.

كما يتقدم المؤلف بخالص التقدير إلى السيد الأستاذ الدكتور/ عبد الراضى غريب حسانين رئيس قسم المغناطيسية والكهربية الأرضية بالمعهد على المراجعة الدقيقة لمحتويات الكتيب.

المؤلف

أ.د/ حنفي علي دعبس

مقدمة

خلق الله الأرض ووضع لها سبلا عديدة للحفاظ عليها، وبقائها فى الكون الفسيح، ومن هذه السبل أن هيأها لتكون مزودة بمجال مغناطيسى أرضى يصونها بأن يدفع عنها ما قد يصلها من الإشعاعات الضارة التى تأتى فى اتجاهها من الكون، والتى قد تبيد الحياة من إنسان وحيوان ونبات، فإما يحرف هذه الأشعة أو يقيدها فى حزام بعيد عن سطح الأرض لا تستطيع الأشعة الإفلات منه. كما يساعد أيضاً فى الكشف عما فى باطنها من كنوز وثروات تساهم فى إثراء الحياة فوق متنها.

ويسعدنى أن أنتهز مناسبة الأحتفال المئوى للمعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية لأتقدم إلى القارىء بموجز مبسط عن تاريخ المغناطيسية الأرضية منذ عرفها الإنسان وحتى عصر النهضة العلمية الحديثة. وحتى تكون الأستفادة متكاملة وجدت من الأفضل أن أنوه عن أهمية هذه الظاهرة الطبيعية فى خدمة المجتمع واقتصادياته مع بيان مبسط عن القواعد الأساسية المتفق عليها حالياً.

تقديم

بمناسبة الأحتفال بالعيد المئوى للمعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية (١٩٠٣ - ٢٠٠٣) شرُف المعهد بزيارة العديد من الهيئات العلمية والصناعية والاجتماعية والإعلامية والجامعات والمدارس وأبناء الشعب المصرى عامة، للتعرف على الأنجازات التى قام بها المعهد خلال مائة عام. وعقدت ندوات شهرية على امتداد عام ٢٠٠٣ ألقى فيها أساتذة المعهد محاضرات فى المجالات البحثية المتعددة، موضحين مشاركة المعهد للعالم المتحضر فى تطور العلوم الفلكية وعلوم طبيعة الأرض، وما تعود به هذه العلوم من نفع لخدمة الحضارة والإقتصاد والحفاظ على البيئة ودورها فى خدمة المجتمع.

وكما هى سنة المعهد فى حرصه الشديد على إصدار كتيبات علمية مبسطة لمساعدة القارىء العربى على تفهم أغوار الكون وأعماق الأرض، والظواهر الكونية والأرضية الطبيعية، والعمل على الحفاظ على البيئة، والثروات القومية، يتقدم المعهد للقارىء، بمناسبة عيده المئوى، بهذا الكتيب عن تاريخ علم المغناطيسية الأرضية منذ العصور الوسطى وما كان محاطاً به من خرافات إلى أن أصبح فى عصرنا الحديث من أهم علوم طبيعة الأرض بما له من تطبيقات لا تحصى فى الكشف عن الثروات القومية والحفاظ على البيئة وخدمة المجتمع.

أ.د./ على عبد العظيم تعيلب

رئيس المعهد

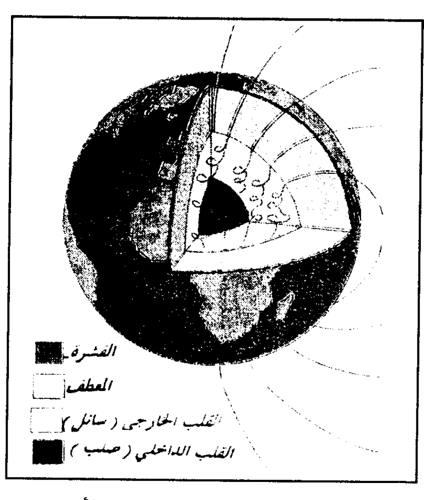
القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية



(أهمية علم المغناطيسية الأرضية)

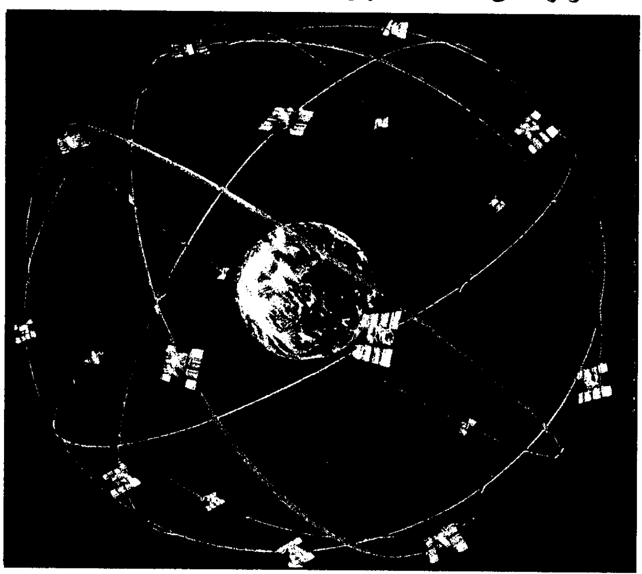
لقد بينت الدراسات الحديثة أن المجال المغناطيسى الأرضى يتكون من مجموعة مجالات مغناطيسية تنشأ من عدة منابع هى المجال الأساسى الناتج من التيارات الكهربية التى تسرى فى قلب الأرض (شكل ١) والمجال الناتج من الصخور الممغنطه بالقشرة الأرضية، والمجالات الخارجية الناشئة من التيارات الكهربائية التى تسرى فى طبقات الأيونوسفير والغلاف المغناطيسى (الماجنيتو سفير)، والمجال الحادث بسبب التيارات الكهربائية المولدة بالتأثير فى القشرة الأرضية والمعطف بسبب تغير المجالات الخارجية مع الزمن.

ولكل من هذه المجالات المكونه للمجال المغناطيسى الأرضى أهمية علمية خاصة، يحتاج العديد من التطبيقات لنمو الأقتصاد إلى عزل كل من هذه المكونات على حدة.



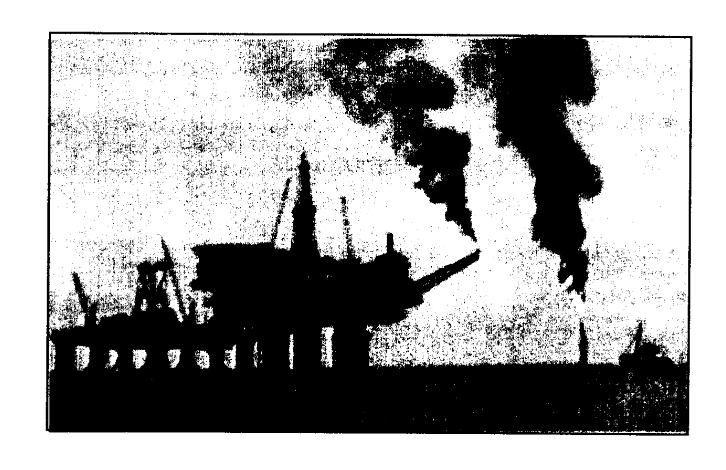
(شكل ١) توليد المجال المغناطيسى الأساسى

لقد اتسعت تطبيقات المغناطيسية الأرضية مع نمو المجتمع وتطوراته التكنولوجية الهائلة والمتسارعة، واستلزمت الزيادة فى استعمال الإنسان للفضاء الخارجى وإطلاق العديد من الأقمار الصناعية المتنوعة (شكل ٢) المزيد من توضيح ما يطرأ على المجال المغناطيسى الأرضى من تغيرات لها قوة هائلة مؤثرة على هذه الأقمار ومساراتها.



(شكل ٢) كوكبة اقمار لتعيين المواقع نظم (G.P.S)

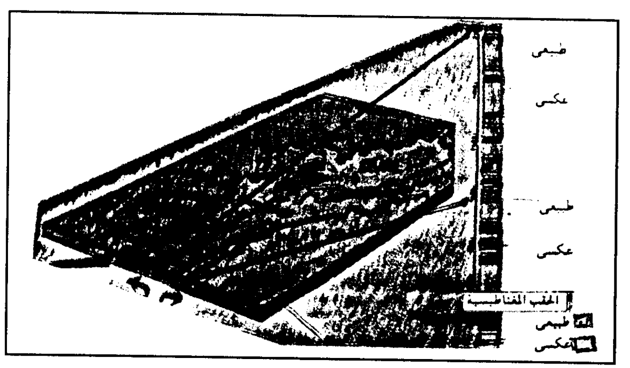
وبسبب التطور المستمر للنظم الراديوية الملاحية الحديثة التى تعتمد على الأقمار الصناعية، فقد يُعتقد فى إنخفاض أهمية الدور التقليدى للبوصلة الملاحية، ورغم صحة هذا الأعتقاد لحد ما، إلا أن هناك تطبيقات حديثة مثل الحفر الموجه للآبار (شكل ٣) تتطلب دقة عالية للمرجع الإتجاهى باستخدام المجال المغناطيسى الأرضى. ومازالت الخرائط المغناطيسية تستعمل فى الملاحة الأرضية والبحرية والجوية حول العالم.



(شكل ٣) تستخدم النماذة المغناطيسية فى الحفر الموجه لإستخراج البترول

مازالت فيزياء المجالات المضطربة، وحالات الجزيئات المنطلقة من الشمس فى اتجاه الأرض لم تكتشف تماما. فكل سنة جديدة وكل دورة شمسية جديدة تقربنا إلى فهم أدق لتغير المجال المغناطيسى، والعمليات الشمس أرضية، والعواصف المغناطيسية الكبيرة. تؤثر تلك الظواهر على نظم الأتصالات السلكية واللاسلكية، والحاسبات الآلية، وخطوط الأنابيب، وشبكات نقل القوى الكهربائية، ومراكب الفضاء مما يستلزم الحصول على قيم المجال المغناطيسى الأرضى الدقيقة من جهة والآنية (Real time data) من جهة أخرى. وأصبح من أهم المتطلبات القومية التنبؤ بحالة المغناطيسية الأرضية.

كذلك تعتمد جيوفيزياء الأرض على المغناطيسية الأرضية للتعرف على تطور نشأة الكرة الأرضية (شكل ٤) وتراكيبها التحت سطحية، وللمساحات المغناطيسية التفصيلية أهمية بالغة فى الكشف عن منابع المعادن، والبترول، والغاز الطبيعى، والمياه الجوفية، وتعيين أعماقها ومدى أهميتها الأقتصادية.

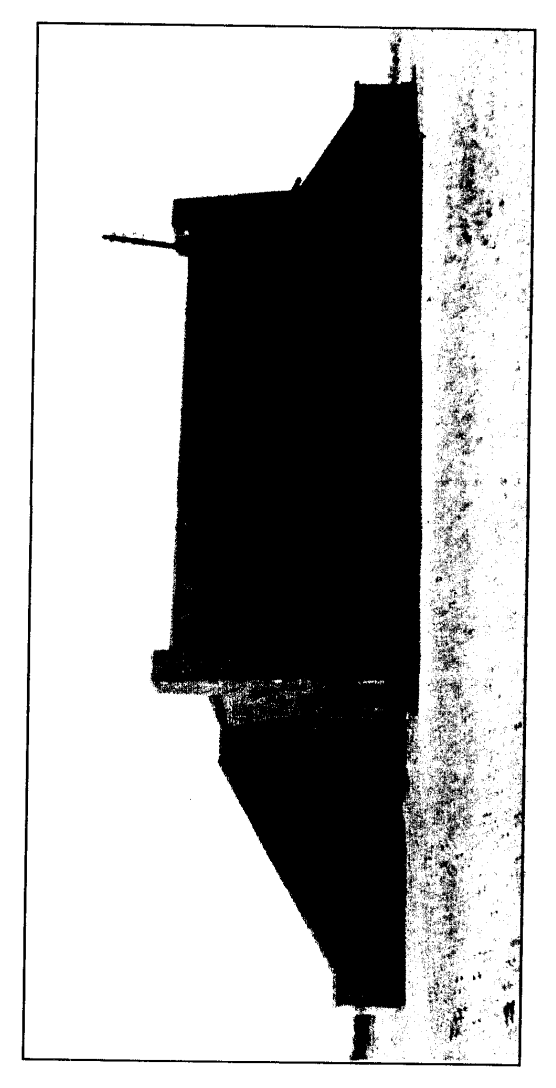


(شكل ٤) نموذج لشذوذ مغناطيسى حول انتشار أخدودى مقارنة بمقياس زمنى للمغناطيسية الأرضية

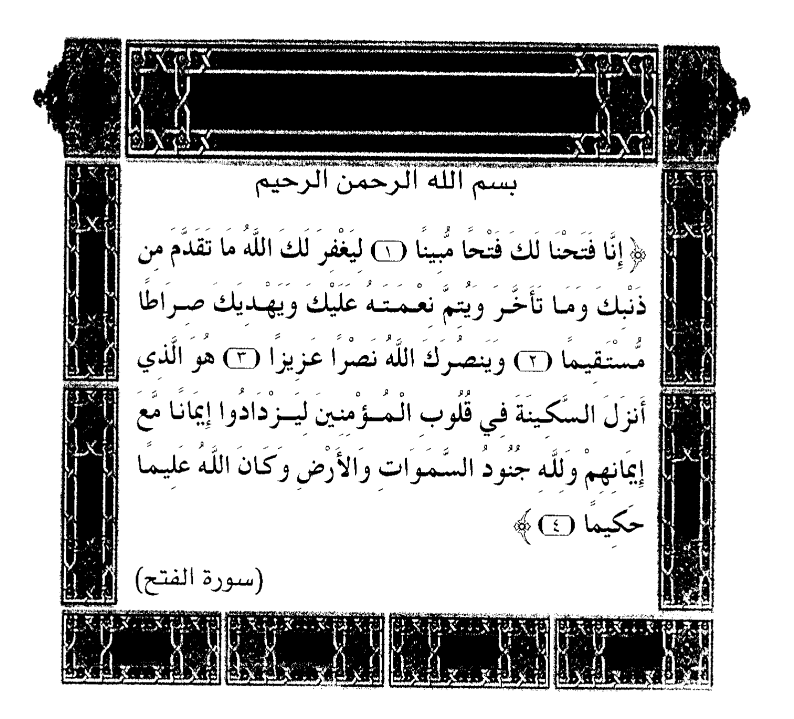
وتبين الأبحاث التى تجرى حالياً أن المغناطيسية الأرضية تلعب دوراً هاماً فى التنبؤ بالطقس ووضع نماذج مناخية، كذلك يقدم تطور علم الأستقبال المغناطيسى الإحيائى شرحا لتقارير الأستجابة الإحيائية. للمجالات المغناطيسية، وسيكون لهذا العلم تطبيقات طبية مستقبلية تخدم صحة الإنسان والمجتمع. هذا بالإضافة إلى الدراسات البحثية الأساسية مما يجعل المراصد المغناطيسية وكأنها محطات للتعرف على حالة طبقات الأيونوسفير والفضاء الخارجى، كما تؤدى الأبحاث التطبيقية الجارية أيضاً إلى التعرف على طبقات الأرض وعمق القلب وخلافه.

لقد خلق التوسع فى تطبيقات المغناطيسية الأرضية لخدمة المجتمع، وتلبية إحتياجاته أهمية التنبؤ بحالة المغناطيسية الأرضية مما ولد رغبة. متزايدة فى الحصول على معلومات دقيقة وآنية للمجال المغناطيسى الأرضى على المستوى العالمى، ومن أجل ذلك تقوم شبكات المراصد المغناطيسية القومية (شكل ٥)، ومراكز التنبؤ لبيئة الفضاء، وأرشيف البيانات المغناطيسية المتاحة فى مراكز تجميع البيانات المغناطيسية العالمية

بالتعاون مع بعضها البعض لتوفير الإحتياجات التكنولوجية اللازمة للبرامج العلمية في الحاضر والمستقبل.



(شكل ٥) مرصد المسلات المغناطيسى



بسم الله الرحمن الرحيم

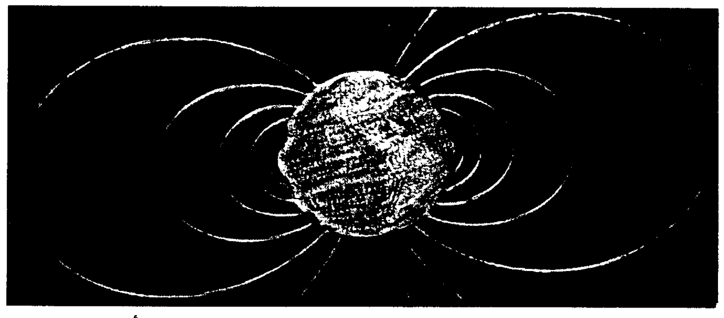
﴿ إِنَّا فَتَحْنَا لَكَ فَتْحًا مُّبِينًا (١) لِيَغْفِرَ لَكَ اللَّهُ مَا تَقَدَّمَ مِن
ذَنبِكَ وَمَا تَأَخَّرَ وَيُتِمَّ نِعْمَتَهُ عَلَيْكَ وَيَهْدِيَكَ صِرَاطًا
مُّسْتَقِيمًا (٢) وَيَنصُرَكَ اللَّهُ نَصْرًا عَزِيزًا (٣) هُوَ الَّذِي
أَنزَلَ السَّكِينَةَ فِي قُلُوبِ الْمُؤْمِنِينَ لِيَزْدَادُوا إِيمَانًا مَّعَ
إِيمَانِهِمْ وَلِلَّهِ جُنُودُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَكَانَ اللَّهُ عَلِيمًا
حَكِيمًا (٤) ﴾

(سورة الفتح)

(معلومات أساسية)

(المجال المغناطيسى الأرضى)

الفعل التوجيهى للأرض على إبرة مغناطيسية حرة التعليق من مركز ثقلها يدل على أن للأرض مجالا مغناطيسيا، إذ تستقر الابرة بحيث يأخذ محورها المغناطيسى إتجاه خطوط المجال المغناطيسى الأرضى (شكل ٦) منحرفة عن الشمال الحقيقى ومائلة على الإتجاه الأفقى حسب المكان، فإذا أزيحت الإبرة من وضع اتزانها فإنها تتذبذب بتردد يتناسب تناسبا عكسيا مع شدة المجال الأرضى، وعليه فإنه يمكن حساب شدة المجال المغناطيسى الأرضى بواسطة مغناطيس معاير. ويتضمن قياس المغناطيسية الأرضية فى أى مكان تحديد إتجاه وشدة المجال. ولقياس المغناطيسية الأرضية فى أى مكان يلزم تحديد مستويين هما المستوى الأفقى ومستوى الزوال الجغرافى الحقيقى وهو دائرة عظمى رأسية تشمل القطب الشمالى الجغرافى والقطب الجنوبى الجغرافى.



(شكل ٦) خطوط المجال المغناطيسى بالقرب من سطح الأرض

والسمت الحقيقى لجسم ما هو الزاوية بين الزوال الحقيقى عند نقطة الرصد والمستوى الرأسى الذى يشتمل على الجسم ونقطة الرصد.

والزوال المغناطيسى عند أى نقطة يعرف بأنه المستوى الرأسى الذى يحدد بإتجاه خطوط القوى، أى بالإتجاه الذى تتخذه إبرة مغناطيسية معلقة. تعليقا حرا، والسمت المغناطيسى مشابه للسمت الحقيقى الا أنه ينسب إلى الزوال المغناطيسى.

عناصر المغناطيسية الأرضية

كما ذكر سابقاً أن المغناطيس إذا علق تعليقا حرا من مركز ثقله عند نقطة (ج)، مثلا، (شكل ٧) فإنه يستقر فى وضع مواز لخطوط المجال المغناطيسى الأرضى (ج ز)، منحرفا قليلا عن الشمال الجغرافى بزاوية تسمى زاوية الانحراف (د ج أ)، ويرمز لها بالرمز (D) وهى الزاوية بين الزوال المغناطيسى والزوال الجغرافى وتعتبر شرقا أو غربا إذا كان الشمال المغناطيسى يقع شرق أو غرب الشمال الحقيقى.

كما يميل المغناطيس على المستوى الأفقى (أ ب ج د) بزاوية الميل (أ ج ز) ويرمز لها بالرمز (I). ويعتبر الميل شمالى أو جنوبى طبقاً لميل القطب الشمالى أو الجنوبى فى المغناطيس أسفل المستوى الأفقى، ويعتبر الميل الشمالى موجبا. ولذلك يقال أن المجال المغناطيسى الأرضى كمية متجهة

(شكل ٧)

عناصر المجال المغناطيسى الأرضى (ج) فى الركن الأعلى الأقرب من متوازى المستطيلات (ز) فى الركن الأسفل المواجه له من الناحية الأخرى.

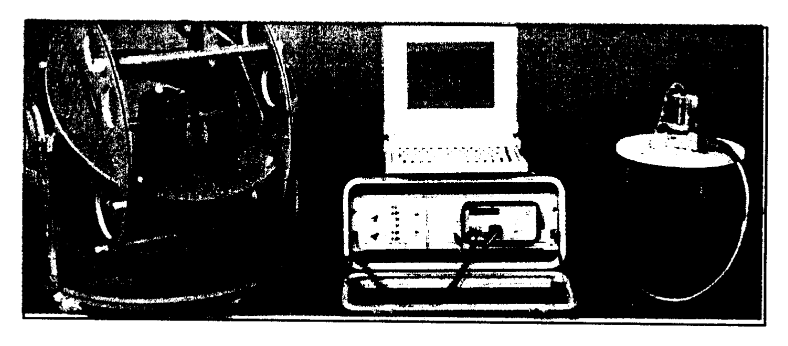


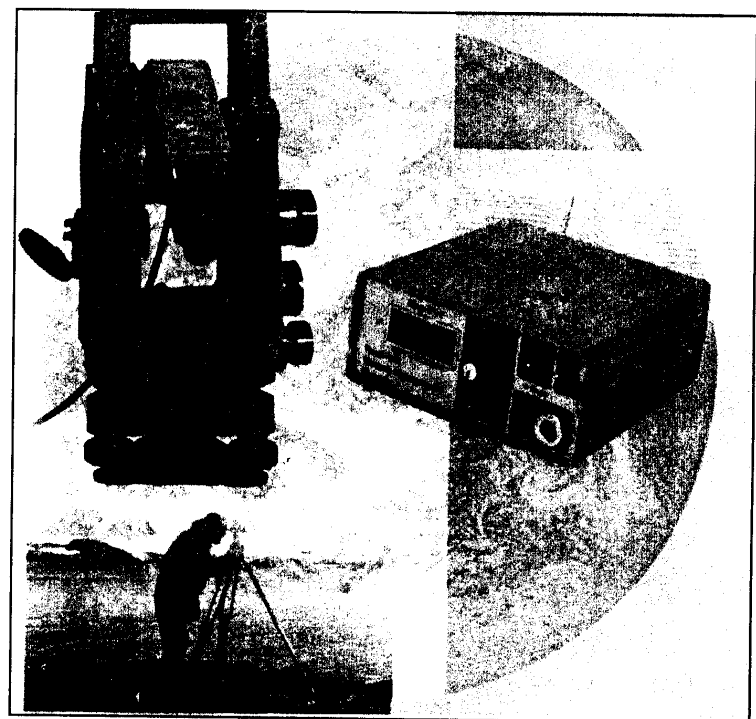
أى لها مقدار واتجاه ويحلل هذا المجال إلى مركبتين إحداهما فى الإتجاه الرأسى وتسمى المركبة الرأسية (ج و) ويرمز لها بالرمز (Z) وتعتبر موجبة عندما تكون زاوية الميل موجبة. والأخرى فى الإتجاه الأفقى وتسمى المركبة الأفقية (ج أ) ويرمز لها بالرمز (H) وتعتبر دائماً موجبة مثلها مثل المجال نفسه. كما تحلل المركبة الأفقية أيضاً فى اتجاه الشمال الجغرافى (ج د) ويرمز لها بالرمز (X) ، والشرق الجغرافى (ج ب) ويرمز لها بالرمز (Y).

ويطلق على زاوية الانحراف (D) وزاوية الميل (I) والمركبة الأفقية (H) ومركبتيها فى إتجاه الشمال الجغرافى (X) والشرق الجغرافى (Y) بعناصر المجال المغناطيسى، وتوجد أجهزة مختلفة لقياس هذه المركبات كل على حدة، أو قياس المجال الكلى (ج ز) ويرمز له بالرمز (F) حسب نوعية الدراسة المطلوبة (شكل ٨).

وتوزيع المجال المغناطيسى على سطح الأرض غير منتظم، ولذلك يجب أن تتم القياسات فى أماكن عديدة للحصول على صورة مرضية لهذه الظاهرة، وقد أعطيت أسماء خاصة للأماكن التى يكون فيها المجال المغناطيسى الأرضى أفقيا (خط الاستواء المغناطيسى) (صفر = Z) أما التى يكون فيها المجال رأسيا (صفر = H) فتسمى الأقطاب المغناطيسية.

خط الاستواء المغناطيسى هو الخط الوهمى الواصل بين النقاط التى تكون فيها زاوية الميل صفرا، أى أن المغناطيس الحر التعليق من مركز ثقله سيتخذ وضعا أفقيا، ويقع خط الاستواء المغناطيسى جنوب خط الاستواء الجغرافى فى أمريكا الجنوبية وشماله فى أفريقيا وآسيا ومعظم الباسيفيك، ووضعه ليس ثابتا بل يطرأ عليه تغير طفيف. ويميل القطب الشمالى للمغناطيس أسفل المستوى الأفقى إذا كان شمال خط الاستواء المغناطيسى، بينما يميل القطب الجنوبى للمغناطيس أسفل المستوى الأفقى إذا كان جنوب خط الاستواء. وتزداد كلاً من زاوية الميل والمركبة الرأسية كلما بعدنا عن خط الاستواء المغناطيسى.





(شكل ٨) مغناطومترات لقياس عناصر المغناطيسية الأرضية

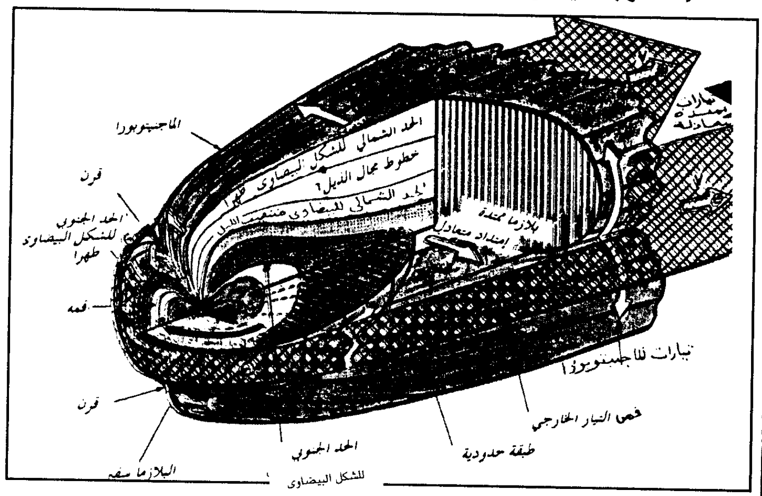
عند قطبى المغناطيسية الأرضية الأساسيين الشمالى والجنوبى تصغر قيمة المركبة الأفقية ومن ثم، فإن البوصلات لا تصلح لتحديد الاتجاه الصحيح في هذه الأماكن، علما بأن الشدة الكلية عند القطبين المغناطيسيين تصل إلى ضعف القيمة عند خط الاستواء المغناطيسى. ولا يقع القطبان المغناطيسيان للأرض على طرفى قطر، كما لا يقعان على خط موازى لمحور الأرض، بل يبعد الخط الواصل بينهما بحوالى ١١٠٠ كم من مركز الكرة الأرضية، كما يقعا على بعد حوالى ١٥٠٠ كم من القطبين الشمالى الجغرافى والجنوبى الجغرافى. وهناك فكر شائع بأن طرفى البوصلة تشير إلى الأقطاب المغناطيسية، ولكن حقيقة الأمر أن إتجاه الشمال المغناطيسى ينحرف بحوالى ١٠ درجات أو أكثر عن إتجاه القطب الشمالى فى معظم الأماكن. وموضعى القطبين غير ثابت، فهما يدوران بسرعة صغيرة غير ثابتة فى عكس إتجاه دوران الأرض، ويعتقد أن دورتهما تتم فى ٩٦٠ سنة. واحداثياتهما التى اعتمدت لسنة ١٩٦٠م هى:

	خط العرض	خط الطول
القطب الشمالى المغناطيسى	٧٤,٩ شمالاً	١٠١,١ غرباً
القطب الجنوبى المغناطيسى	٧٦,١ جنوباً	١٤٢,٧ شرقاً

ويطرأ على مجال المغناطيسية الأرضية تغيرات حقبية ودورية وعواصف مغناطيسية.

الغلاف المغناطيسى الأرضى (الماجنيتوسفير)

تشع الشمس بصفة مستمرة بروتونات والكترونات مكونه الرياح الشمسية، تنساب هذه الرياح قطريا خارجة من سطح الشمس بسرعة ٤٠٠ كيلو متر/ثانية، ناقلة معها خطوط المجال المغناطيسى الشمسى، يطلق على هذه المجال الراسخ فى الرياح الشمسية المجال المغناطيسى السيارى، وتستغرق الجسيمات فى الرياح الشمسية حوالى ثلاثة أيام لتنتقل من الشمس إلى الأرض، وعندما تقابل هذه الجسيمات المجال المغناطيسى الأرضى تتفاعل معه وينتج عن هذا التفاعل نشأة الماجنيتوسفير، وهو تجويف فى الفراغ ينحصر فيه المجال المغناطيسى الأرضى (شكل ٩) . ومن حين لآخر تحدث إنفجارات على سطح الشمس متضمنة تحرر طاقة تنفث الكترونات وبروتينات بطاقة أعلى وبسرعات تصل إلى ٢٠٠٠ كيلو متر/ ثانية وبكثافة أعلى من «حالة ثبات» الرياح الشمسية، وعندما تصل هذه الجزيئات إلى الأرض قد تحدث إضطرابات يطلق عليها حينما تشتد بالعواصف المغناطيسية.



(شكل ٩) رسم غلاف الأرض المغناطيسى مع أسماء المناطق والتيارات (NGDC/NOAA)

(تاريخ المغناطيسية الأرضية)

إن علم العصور الوسطى حول البوصلة البحرية، كان ولابد قد اختلط حينئذ بخوف محاصر بالخرافات التى لا نستسيغها فى أيامنا الحالية. وكان ذلك بسبب سلوكها الذى أُعزى إلى قوى مخيفة غير مرئية. ويعود لهذا الوضع، الغير معقول، قلة المراجع التى عاصرت بداية فن البوصلة، وكذلك النتائج العجيبة التى وردت فى الكتابات التالية. وقد أدى اجتهاد العديد من الباحثين إلى حجم كبير من المقالات تطلبت دراسة كبيرة أدت إلى فهمنا الحالى عن المغناطيسية الأرضية. ومازال هناك العديد من النقاط التى لم تزل قيد اجراء البحوث.

(الحجر المغناطيسى وخواصه)

مازال التاريخ الذى أصبحت فيه خواص الحجر المغناطيسى معروفة للإنسان غير محدد بصفة قاطعة حتى الآن. غير أن خاصية جذبه الحديد كانت بالتأكيد معروفة للإغريق حوالى نهاية القرن السابع قبل الميلاد حيث ذكرها طاليس الذى عاش فى الفترة بين عام ٦٤٠ إلى عام ٥٤٦ قبل الميلاد. أيضاً مازال الشك يحيط بأصل كلمة مغناطيس، ويظن أن الكلمة جاءت تبعاً للمكان الذى وجد به الحجر المغناطيسى لأول مرة فى تلال ماغنيسيا.

والأسماء التى أعطيت إلى الحجر المغناطيسى وللمغناطيس وللبوصلة تشكل دراسة شيقة، وتقدم مفاتيح هامة إلى انتشار المفاهيم المتصلة بها. وقد نشر كريتشتن ميتشل العديد من الكتابات عن هذا الموضوع. لقد جاءت كلمة مغناطيس فى اللغات المتعددة بمعنى واحدة أو أخرى من صفاته ، فهى جاذب للحديد في اللغات الفرنسية والأسبانية والسانسكريتيه، وخاصية

التوجه فى اللغات الانجليزية والأيسلاندية والسويدية، وخاصية الصلابة فى اللغات الرومانية واللغة الانجليزية القديمة، والإسم الإيطالى قد يكون أشتق من طريقة إرتكاز المغناطيس على قصبة عائمة فوق الماء فى وعاء وهو التصميم البدائى للبوصلة (شكل ١٠).



(شكل ١٠) بوصلة مغناطيسية عائمة من القرون الوسطى كما يبينها أثانيوس كيرتشر عام ١٦٤٣

وقد وضع الكتاب القدامى تفسيرات مختلفة لخاصية جذب الحديد بواسطة المغناطيس : «أن الحديد يعطيه الحياة ويغذيه»، «وشهية معينة أو رغبة فى الغذاء تجعل الحجر المغناطيسى يختطف الحديد»، «والرطوبة فى الحديد التى يتغذى عليها جفاف المغناطيس»، وبالإضافة إلى هذه التفسيرات كان هناك تفسيرا يستحق التنويه مؤداه : «نوعية من الزفير أو الإنبعاث تمتد فيما بين الجسمين المستخدمين تولد التجاذب المشاهد».

بالإضافة إلى الخواص الفيزيائية المعروفة فى أيامنا الحالية للحجر المغناطيسى، فقد أعزيت إليه - فى العصور الوسطى - وصفات استشفائية لكل أنواع العلل، وهى التى أعزيت مؤخراً إلى التأثير الكهرومغناطيسى. فوجع الأسنان، والنقرس، والإستسقاء، والنزيف، والتشنج كانت كلها بين الأوجاع التى قيل أنه يشفيها، حتى النزاع بين الزوج وزوجته جاءت فى مجال قوته السحرية.

من ناحية أخرى كان هناك إعتقاد ساد لعدة قرون أن المغناطيس قد يفقد خاصية إتجاهه الثابت إذا ما دلك بالثوم، وكان البحارة يُحذَّرون بألا يأكلوا البصل أو الثوم خوفاً أن رائحتهما تزيل عن الحجر المغناطيسى صفاته أو إضعافه فلا يستطيعوا إدراك هدفهم المنشود.

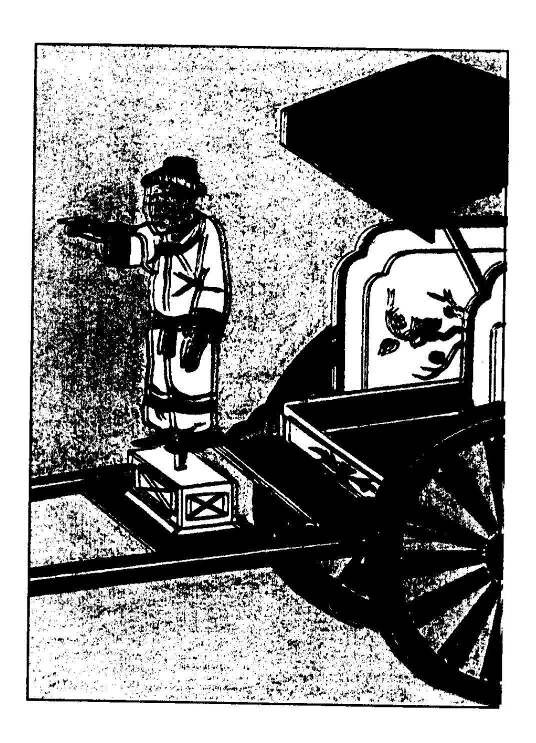
إن الخرافات القديمة عن الصخور المغناطيسية والتلال التى صورت بجبل الحجر المغناطيسى المهلك الذى يفكك المراكب بخلع مساميرها وجذبها اليه (قصص ألف ليلة وليلة) كانت بشائرًا لأفكار خرافية فى الأزمنة اللاحقة، تلك التى أعزت إتجاه البوصلة إلى أنها تتجه إلى جبل مغناطيسى، أو إلى جزيرة فى القطب الشمالى، أو إلى بحر الصين، أو إلى أماكن مماثلة بعيدة.

وقد إدّعى بعض الكتاب أن الإغريق استخدموا الحجر المغناطيسى فى الملاحة فى عصر حصار طرواده، بناءاً على عبارة فى الأوديسا لهومير، ولكن بالتحقيق وجد أن هذا التأويل غير جائز من الكلمات الواردة فى العبارة الأصلية. كما دقق بارتلى (Bartelli) كتابات كتاب آخرين يزيدون عن سبعين كاتب اغريقى ولاتينى، غطت فترة من القرن السادس قبل الميلاد إلى القرن العاشر بعد الميلاد، ولم يجد أى ذكر لخاصية الإتجاه للحجر المغناطيسى، أو أى عبارة تدل أن خاصية الإتجاه هذه قد استخدمت فى أى من الملاحة أو الفلك أو الموجات خلال هذه الفترة الطويلة من الزمن، بالرغم أن هناك وصفاً لكثير من الرحلات ولعواصف فى البحار كان يتوقع ذكر للبوصلة لو كانت مستخدمة فى ذلك الوقت.

من الواضح أن الحقائق الوحيدة عن الحجر المغناطيسى التى عرفت قبل القرن العاشر كانت فقط خاصية جذب الحديد، وربطت قوة الجذب هذه إلى الحديد نفسه، أما الأقطاب فلم تكن معروفة فى ذلك الوقت، وقد أعزيت ظاهرة التنافر والتجاذب والتعادل إلى ثلاثة أنواع مختلفة من المعادن.

الشك فى تاريخ تطبيقات الصين

كان هنـاك إعـتقـاد راسـخ أن خـاصـيـة الإتجـاه للمـغناطيس كـانت معروفة لدى الصـينيين قـبل عصـر المسيح، بل أن بعض الكتاب تمادوا بأن قالوا انها كانت معروفة للصينيين منذ ٢٦٣٤ قبل الميلاد. وطبقاً لكلابروت (Klaproth) فهناك أسطورة طريفة تحكى أنه أثناء حكم الأمبراطور هويا نج - تى ، هاجمت قواته بعض المتمردين بقيادة تشى - يو فى سهول تشو - لو. وعندما تأكد تشو - يو إن قوات الأمبراطور ستلحق به، أضرم الدخان



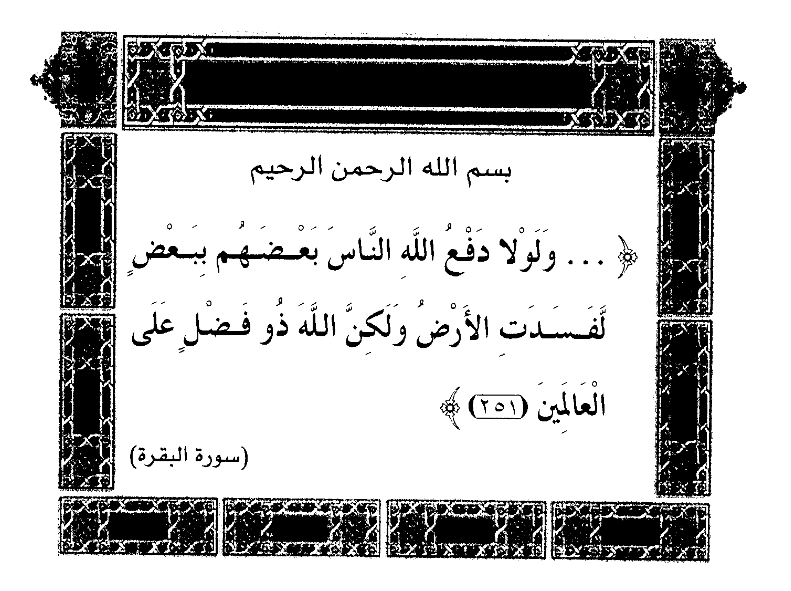
(شكل ١١) عجلة حربية تميز الجنوب يعتقد أنها صينية (موسوعة يابانية)



ليلقى بخصومه فى إرتباك وبلبلة، ولكن الأمبراطور هويانج - تى كان على مستوى الأحداث، وصمم عربة تميز إتجاه الجنوب، وهكذا استطاع أن يتتبع الثوار المتمردين وأخذ تشى - يو سجيناً. ولكن الباحثين الآن يعتبرون أن هذه رواية خرافية، حيث كان هويانج - تى الرمز الممثل للقدم الصينى والمؤسس الأسطورى للإمبراطورية الصينية، وليس عجيباً إذا ما نسبت إليه الأفعال والعلوم التى تمت فى عصور لاحقة بعد زمنه.

تنقل إلينا روايات الشرق المتواتره منذ القرن الثالث أو الرابع بعد الميلاد أن العربة تشيه - نان - شو أو المشيرة إلى الجنوب قد أُستخدمت فى الصين حتى أواخر القرن الخامس عشر وأنها أدخلت إلى اليابان فى القرن السابع بعد الميلاد (شكل ١١)، وفى مقدمة هذه العربة ثبت تمثال محورى بيد ممدودة. وتؤيد إرساليات القرن السابع عشر أن مغناطيساً كان يحرك التمثال حتى يشير دائماً إلى الجنوب. ومن المحتمل أن العربة تمت معايرتها فى مكان معلوم الإتجاهات، وأوصل التمثال إلى العجلتين حتى تعمل التأثيرات التفاضلية عند الدوران حول منحن ما يجعل التمثال مشيراً دائماً إلى الإتجاه الأصلى.

ويجدر التنويه هنا أن معلومة خاصية الإتجاه للإبرة الممغنطة لابد أن تسبق تطبيقها فى أجهزة مفيدة بزمن طويل، لاسيما أن هذه الخاصية كانت معروفة فقط إلى صفوة الطبقات ومحاطة بالسرية حتى لا تتسرب إلى العامة. أيضا هناك عبارة هامة وردت فى مقال بعنوان منج - شى - بى - تان، ظهر حوالى القرن الحادى عشر بعد الميلاد يؤكد أن خاصية الاتجاه كانت معلومة للصينيين فى ذلك الوقت. وقد تكررت هذه العبارة فى أعمال تالية للصينيين، ولكننا لا نجد شاهدا مقنعا فى تطبيق هذه الخاصية إلا بعد وقت لاحق.


بسم الله الرحمن الرحيم
﴿ ... وَلَوْلا دَفْعُ اللَّهِ النَّاسَ بَعْضَهُم بِبَعْضٍ
لَّفَسَدَتِ الأَرْضُ وَلَكِنَّ اللَّهَ ذُو فَضْلٍ عَلَى
الْعَالَمِينَ (٢٥١) ﴾
(سورة البقرة)

(أصل البوصلة فى القرون الوسطى)

جاءت الإشارة المبكرة عن إستخدام البوصلة فى أوروبا فى بحث لاتينى كتبه الراهب الانجليزى الكسندر نكام (Aexander Neckam) عام ١١٨٧ . كما كتب أيضاً فى كتاب آخر «إن البحارة فى البحر، عندما يغلب الغمام فى السماء، وتحجب الشمس نهاراً، والنجوم ليلاً، وحتى لا يضلوا الطريق إلى جزء العالم الذى يتجهون إليه، يقومون بدلك إبرة بمغناطيس، هذه الإبرة تدور حول نفسها حتى تتوقف حركتها ودائماً طرفها يشير إلى الشمال» ومازال الشك قائماً إذا كان الحجر المغناطيسى هو أول ما استعمل فى هذا الشأن أم غيره.

وفى نفس التاريخ، أشار الوزارى فى المحكمة الفرنسية جيوت دى بروفين (Guyot de provins) فى إحدى قصائده الشعرية إلى إستعمال البحارة للبوصلة المزودة بإبرة عائمة. كذلك كتب بعض الكتاب فى القرن الثالث عشر عن البوصلة، منهم على سبيل المثال، يعقوب دى فيترى (Jaco-bus de Vitry)، وريموند لولى (Raymond Lully) الماجوركى، والفيلسوف الانجليزى برونيتو لاتينى (Pronetto Latini)، والشاعر دانتى. وقد افترض برونيتو أن حجر المغناطيس يوجه الإبرة ناحية «نجمة البحارة» كما تمعن فى الإختلاف بين قطبى الأوجه المتعاكسة للحجر، وتأثير كل جزء على الإبرة.

كما أشارت المراجع المرتبطة فى الأدب الصينى، والتى صُدّق عليها بعد القرن الحادى عشر أو الثانى عشر الميلاديين إلى أن البحارة العرب هم أول من استخدموا البوصلة فى المياه الصينية.

ولم يجد كلابروث (Klaproth) استخداماً للبوصلة بواسطة الصينيين فى الملاحة حتى حوالى نهاية القرن الثالث عشر الميلادى. ويظهر أن إبرة عائمة بدائية قد استعملت فى الصين فى القرن السادس عشر.

الأصل الأوروبى المرجح

تتلخص نتائج كرتشتون ميتشل (Crichton Mitchell) بالنسبة لأختراع الابرة فيما يلى:

١- من الممكن القول بأن الصينيين تعرفوا على خاصية إتجاه المغناطيس عام ١٠٩٣ ، إلا أنهم لم يستخدموا هذه الخاصية لمدة ٢٠٠ عام بعد ذلك.

٢- ليس هناك ما يشير إلى أن العرب نقلوا معلومات عن البوصلة إلى أوروبا، حيث أن إشارات العرب المبكرة عن البوصلة جاءت بعد حوالى نصف قرن بعد إشارة الكتابات الأوروبية اليها.

٣- إن البوصلة استعملت فى عام ١١٨٧ ، مع الأخذ فى الأعتبار حقيقة أن خاصية الإتجاه نفسها قد أكتشفت قبل الميلاد. ومن المحتمل جداً أن خاصية الإتجاه وتطور تطبيقاتها فى غرب أوروبا كانت فى نفس التوقيت إن لم تكن مبكرا عن التطور فى الصين فى هذا الشأن. إلا أن هناك أيضاً وجهة نظر نيدهام (Needham) بأن الصينيين كان لهم السبق، ولكن وجهة النظر هذه مازالت تنقصها الأسانيد المؤكدة.

بطرس بريجرينس

أننا ندين لبيير بيليرين (Pieerre Pelerin) الذى كنى ببطرس بريجرينس (Petrus Peregrinus) بالفضل فى كتابة أول مقالة أوروبية عن المغناطيس وبأوائل الأعمال التى بنيت على أسس تجريبية. وهو مواطن فرنسى، ويشير لقبه إلي إشتراكه فى الحروب الصليبية، وكان موالياً للملك شارل، ولازمه فى الأسر فى جنوب ايطاليا فى أغسطس عام ١٢٦٩ . وفى هذه الظروف كتب خطابه الشهير إلى جاره وصديقه سيجروس (Sygerus)، أعطى فيه صورة واضحة، وتقريراً وجيزاً لما كان معروفاً عن المغناطيس



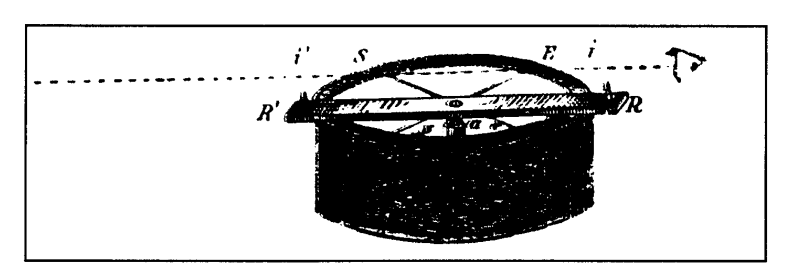
وخواصه، ومن الواضح أنه حققها تجريبياً، وأنه استخدم حجرا مغناطيسا كرويا على هيئة القبة السماوية، كبشارة لكرة جلبرت التى سيأتى ذكرها فيما بعد، ويضاف لحسابه أيضاً اكتشاف حقيقة أنه عندما يكسر المغناطيس فإن كل قطعة بذاتها ستصبح مغناطيساً. كذلك يرجع اليه إختراع طرق الدلك لعكس إستقطاب الابرة.

وفى الجزء الثانى من خطابه وصف ما تم التوصل إليه من تحسينات هامة للبوصلة على الوجه التالى :

١- تعويم الحجر المغناطيسى فى وعاء كرى ذى حافة مدرجة.

٢- باستبدال الحجر المغناطيسى العائم بإبرة محورية تدور بين مركز علوى وسفلى.

٣- بالتزود بقضب فى السمت مزود بدبابيس مسننه تمكن من قياس زاوية سمت جسم ما فى أى مكان فى الأفق (شكل ١٢).



(شكل ١٢) بوصلة بيريجرينس «ابرة مرتكزة وحافة مدرجة برتيلى»

ويلاحظ أن بريجرينس زود بوصلته المطورة بالصفات اللازمة كى تبين إذا ما كانت الإبرة تشير تماما إلى الشمال الحقيقى أم لا. وقد أشار بان إتجاه المغناطيس ليس فى اتجاه «نجم البحارة» تماماً كما أشار برونيتو من

قبل. ولكنه بين أن هذا النجم دائماً خارج دائرة الزوال ما عدا مرتين فى دورة كاملة للقبة الزرقاء، ومن ثم إستنتج أن أقطاب المغناطيس تستقبل قوتها من الأقطاب السماوية. وهنا يمكننا أن نفترض بأمان تام أن الإبرة لم تكن فى هذا الوقت مشيرة إلى نقطة بعيدة عن الشمال الحقيقى فى المكان الذى قام فيه بعمل تجاربه.

وقد أعتبرت أعماله كمثال نادر للإقتراب التجريبى فى العصور الوسطى للتحقق من قوانين الطبيعة. وتعتبر معلوماته الفيزيائية بشائر لتعاليم كوبرنيكس، وجاليليو، وفرانس باكو، وجلبرت، ونيوتن بكل مالهم من إسهامات فى العلوم التجريبية. وقد صنفه الفيلسوف روجر باكن بأنه الرجل الوحيد فى زمانه الذى يعتبر رياضى متكامل، وواحد ممن فهموا خطوات التجارب فى الفلسفة والطب أكثر من أى واحد آخر في غرب أوربا.

حديث الأمالفى المنقول:

يخبرنا خطاب بريجرينس أن إختراع الابرة المحورية الملاحية قد تم قبل نهاية عام ١٢٦٩، وبمجرد معرفة إستخدامها، إنتشرت فائدتها فى الملاحة بسرعة، وبذل جهد كبير أدى إلى تحسينها وتعديلها. ولمدة حوالى ٣٥٠ سنة كان هناك فكر سائد يُرجع إختراع البوصلة الملاحية إلى أحد الفلافيو جيوجا (Flavio Gioja) من الأمالفى بإيطاليا حوالى عام ١٣٠٢، ولكن بارتلى لم يجد أية أسس تبرر هذا الفكر. لقد أعزى الكاتب فلافيو بيوندو (Flavio Biondo) معرفة البوصلة للأمالفيين. هذا الكاتب قام بالمحاولة الأولى لتدوين تاريخ ايطاليا عام ١٤٥٠، والمقال اقتبس باعتبار فلافيو هو الكاتب. ولكن حين أعيد إقتباسه - باستهتار ما - مرة أخرى ذكر أن فلافيو هو المخترع وليس الكاتب. ثم أُضفى عليه الإسم العائلى جيوجا والتاريخ كذلك.

إنما يلزم القول بأن الفضل يعود للأمالفيين بتحسين البوصلة، بأن استعاضوا عن الإبرة العائمة، بالإبرة المرتكزة على محور، وأيضاً بإضافة كارت البوصلة المدرج «نجمة الرياح» الملصق بالإبرة ويتحرك معها.

(البوصلة الملاحية بعد بريجرينس)

نظام التاج والمحور

التدبيرات التى وضعها بريجرينس، باستعمال إبرة على عصا محصورة بين مركز أعلى وآخر أسفل، لم تقدم للإبرة الضعيفة الممغنطة المتاحة حينئذ الحل الأمثل للصعوبات الناتجة من تأثير الإحتكاكات الكثيرة جداً فى هذه التدبيرات للتعليق، والتى تتوقف على الحالات الديناميكية التى يصعب التغلب عليها. وفى تصميم التاج والمحور تعين إستبدال الحجر المغناطيسى فى تطور البوصلة. وفى التطور الحديث لهذا التصميم نجد محوراً معدنياً جامداً جداً يرتكز بمتانة من أسفل، ويتعلق الكارت المتحرك مع إبرته من تاج مرصع يدور على المحور. وفى هذا التصميم للتحميل يقل الإحتكاك ويتوحد لو كانت الأسطح ذات شكل مناسب.

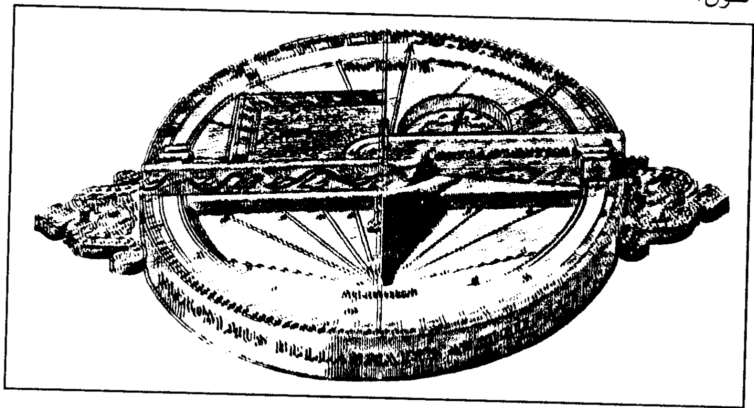
كارت البوصلة ووردة الرياح

قد خمن أن الأمالفيين قدموا الكارت «الطائر» المتحرك الملتصق بالابرة، وعلى كل، فقد أخبرتنا كتابات دابيوتى (Da Buti) حوالى عام ١٣٨٠ بأن البحارة فى أيامه استعملوا بوصلة تتوسطها عجلة محورية من الورق الخفيف، مما يوحى بأن هذا الهيكل قد ظهر فى القرن الذى كتب فيه بريجرينس.



كانت خرائط البحر الأبيض المتوسط، وهى ذات دقة ملحوظة، وموجودة فى البورتلانى «كتيبات إتجاهات الملاحة» مزينة عادة بنجمة ثمانية أو «وردة»، نفس الشكل الذى استخدم «لطائر» فى البوصلة المبكرة،

وسميت الرؤوس المتعددة للشكل بأسماء إيطالية للرياح الثمانية الأساسية. (شكل ١٣). وكان هناك بديلاً آخر لتسميه النقط الأساسية، حيث استعملت أسماء لاتينية تخص الأجزاء الأربعة للسماء إسما لكل ربع. ورغم أن النظامين بطل إستخدامها، إلا أن بعض آثار النظام الأول قد استمر لمدة أطول.

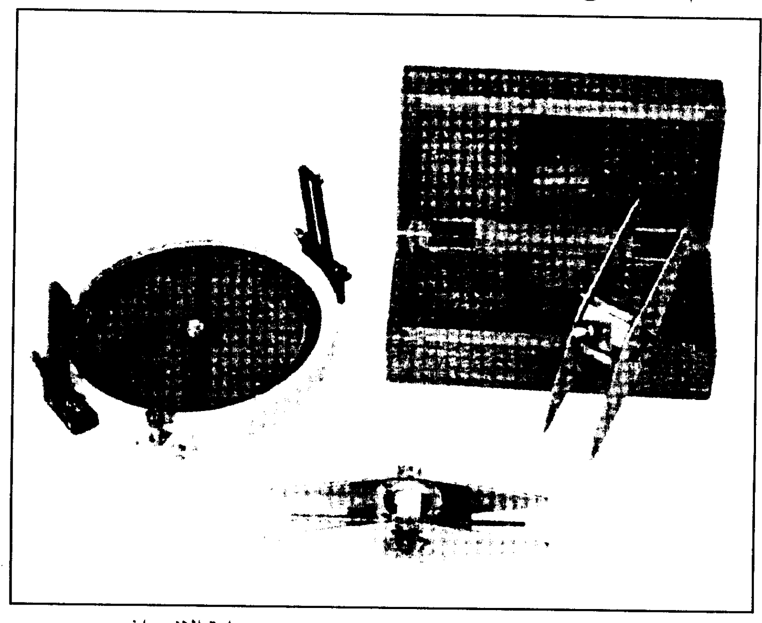


(شكل ١٣) مزولة مسافر مزودة ببوصلة صنعت حوالى ١٥٤١ وذات علامة تبين الانحراف المغناطيسى (ج . هيلمان).

وقد تطلبت الدقة تقسيم كل واحد من الرياح الثمانية إلى أربعة أجزاء (نقاط) تفصل كل نقطة عن الأخرى ١١ $\frac{1}{4}$ درجة مكونة ٣٢ نقطة، وقد أشار شاوسر (Chaucer) إلى هذا التقسيم فى عام ١٣٩١ ومازال يستخدم حتى الآن. وفى الزمن الحديث تطلبت الدقة التى تسير بها البواخر التجارية إضافة مقياس الزوايا، ومن العجيب أن التقسيمات الثانوية المضافة إلى التنظيم القديم ذو النقاط قد أدى فى بعض الأحيان للعودة إلى تقسيم الثمانى نقاط مشابها لوردة الرياح القديمة، والنقاط البينية حل محلها علامات الزوايا.

الإبر الإزدواجية

واجهت نشأة البوصلة ذات الكارت المتحرك عند إستخدامها فى الملاحة عدة مشاكل طالما استخدمت إبرة مفردة ممتدة، نظراً للحركة المتأرجحة لحافتى الكارت الشمالية والجنوبية الغير متزنتين، والناجمة من حركة المركب. ومن المهم ملاحظة أن البوصلات المبكرة غالباً كانت لها تركيبة من إبرتين متصلتين عند الأطراف ومتباعدتين عند الوسط مما قلل الصعوبة التى ذكرت، مثلما يؤدى إستخدام نظام الإبر المتوازية لنفس الغرض (شكل ١٤). أخيراً لوحظ أن تنظيما ما لابد قد استعمل يؤدى إلى أن يكون للكارت عزم قصور ذاتى متساوى تقريباً لجميع الأقطار، وهذا التنظيم هو ملامح بوصلة طومسون (Thomson).



(شكل ١٤) ابرة مزدوجة استخدمت فى تعيين زواية الانجراف

حلقات جيمبال

كان الغرض من إستخدام حلقات جيمبال لتحميل البوصلة هو الحصول على وسيلة تبقى الوعاء وكذلك الكارت فى وضع أفقى رغم دوران أو إنحدار المركب. هذا التكوين الحلقى شائع الإستعمال عالمياً، وحقق دقة كبيرة فى تحميل وتحديد الزوايا فى البوصلة لأى جسم سواء كان سماوياً أو أرضياً، كما مهد السبيل لتقديم دائرة السمت ومساعدات أخرى عديدة فى إستعمال البوصلة.

وجملة القول أن التطورات الأربع الأساسية التى أدخلت على بوصلة بريجرينس فى آواخر القرون الوسطى كانت نظام التاج والمحور، والطائر المتحرك، والأبرة المدرجة، وتعليق جيمبال الحلقى. ومن الواضح أن كل تلك التطورات قد أستخدمت بحلول عام ١٥٥١، تاريخ مقالة عن الملاحة لمارتين كورتيس (Martin Cortes) وصفت فيها بوصلة لها تلك الملامح.

(التحسينات الحديثة)

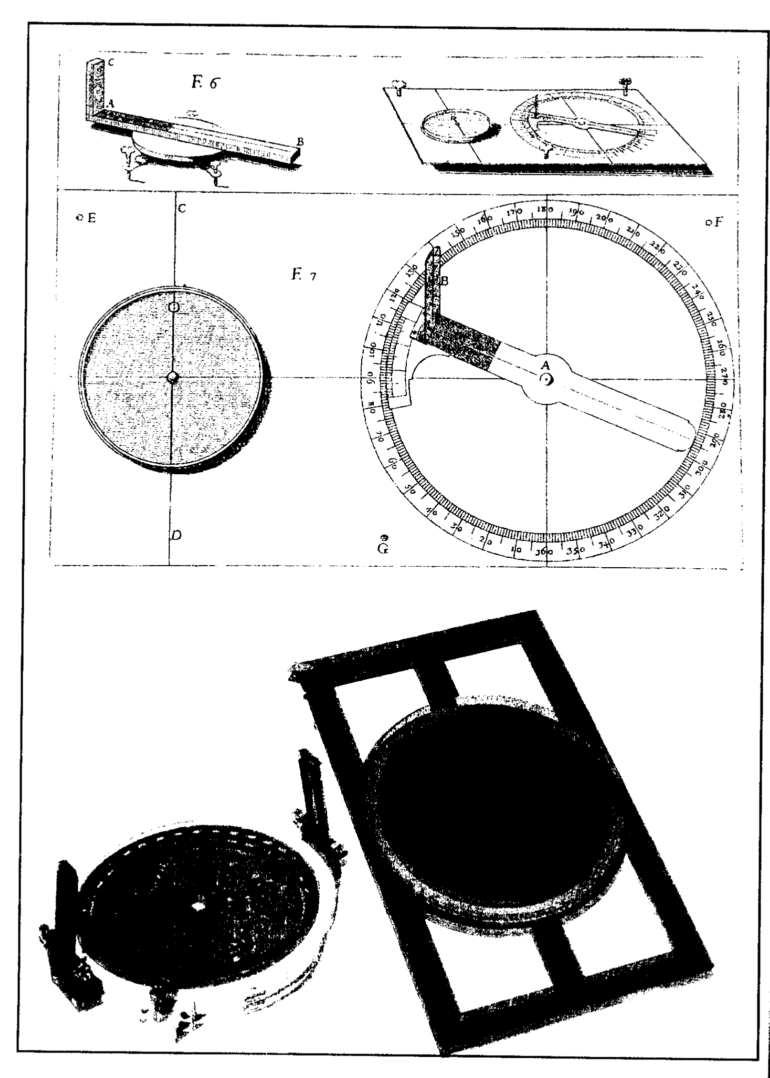
تلازمت تطورات البوصلة فى الأزمنة الحديثة مع معالجة الإنحرافات المبهمة الناتجة من مغناطيسية المركب، ومن المؤكد وجود أخطاء غير مفسرة منذ بداية البوصلة الملاحية الناشئة عن تأثير الحديد المثبت بالقرب من البوصلة. وعلى كل فقد استحوذ اهتمام القبطان جيمس كووك (James Cook) على هذا الانحراف أثناء استكشاف المحيط الجنوبى خلال الفترة ما بين ١٧٧٢ و ١٧٧٩ . وكان لإتساع رقعة الاستكشاف لكوك، ولغيره، خاصة فى القطب، الفضل فى كشف زيادة زاوية الميل فى خطوط العرض الكبرى، نظراً لصغر المركبة الأفقية للمجال المغناطيسى الأرضى هناك، وأن الابرة عرضة أكثر للتأثر بقوى دخيلة. وتعود التطورات البارزة

فى دراسة الإنحراف وتعويضه لكل من ماتثيو فلندرس (Matthew Flinders)، وبيتر بارلو (Peter Barlow)، وكذلك وليام سكوريبى (William Scoresby) بالنسبة لخطوط العرض العليا.

نظراً لزيادة إستخدام الحديد فى الأوعية البحرية، معجّلاً بحلول البخار، قفزت إلى المقدمة مشكلة التعويض فى البوصلة، وشغلت إنتباه بعض العلماء النابهين فى القرن التاسع عشر. ونحن ندين لنظرية بواسون (Poisson) بأساسيات الحث المغناطيسى الذى أثمر التقدم الهام لإيرى (Airy)، والإنجازات الرياضية لأرشيبالد سميث (Archibald Smith)، وأخيراً بين كلفن (Kelvin) كيفية تركيب بوصلة تطبق عليها النظرية باطمئنان تام.

أثناء العواصف تتسبب الحركات القاسية للمركب فى تذبذب البوصلة بشدة رغم جودة تصميم الكارت وإستعمال حلقات جيمبال. وقد نصح كورتيس (Cortes) وقت كتابة مقالته عن الملاحة بجعل سن الإبرة غير حاد عند عدم إستقرار الكارت وتحركه بشدة. كما بينت الممارسة الحديثة صلاحية الطريقتين التاليتين لإخماد التذبذب: الأولى بإستعمال وعاء نحاسى ثقيل، حيث تقوم التيارات المتولدة فى النحاس بالمجال المغناطيسى بكبح التذبذب السريع. أما الطريقة الثانية والأقدم فقد أقترحت عام ١٨١٣ بملأ وعاء البوصلة بسائل، وهذا له ميزة تقليل الثقل على سن التعليق. ويقال أن هذه الفكرة جاءت حين امتلأ وعاء البوصلة بماء البحر أثناء عاصفة عاتية، ولوحظ أن التذبذب العنيف للإبرة قد توقف. وأن الإبرة استمرت فى الإشارة إلى الإتجاه الصحيح، وللأوعية الحربية فإن إستقرار السائل فى وعاء البوصلة عند اطلاق الأسلحة الثقيلة له أهمية كبرى. ويبين (شكل ١٥) مجموعة من البوصلات المستعملة.





(شكل ١٥) مجموعة من البوصلات المتطورة

(المعرفة المبكرة لزاوية الإنحراف المغناطيسى)

إكتشاف زاوية الإنحراف

معرفة الصين فى دائرة الشك

تدعى مقالة مينج - شىء - بى - تان بأن الصينيين عرفوا ظاهرة الإنحراف المغناطيسى قبل أن تكتشف فى أوروبا، والعبارة «أن الإبرة تنحرف قليلاً إلى الشرق» الواردة فى المقالة توحى إلى قارىء اليوم بأن المقصود هنا هو زاوية الانحراف، إلا أن المقالة تقرر فى عبارات تالية أن التعليق الأفضل للإبرة يجعلها تشير إلى الغرب. وعلى ذلك فمازال الشك ساريا فى هذا الصدد، والشىء المؤكد هى الحقيقة الواضحة بالنسبة لمعرفة سلوك الإتجاه هى دون ما يشير إلى قياسات دقيقة لظاهرة الإنحراف نفسها.

ولو أن الصينيين عرفوا الإنحراف المغناطيسى فى القرن الثانى عشر، فمن المعقول حينئذ أن نزعم أن المعرفة قد إنتقلت من جيل إلى آخر، إلا أننا نرى فى بداية القرن السابع عشر، عندما سنحت الفرصة للرياضى اليسوعى الفلكى ماتيو ريكسى (Maheo Ricci) ولبعض زملائه الإرساليين الذهاب إلى الصين، إستطاعوا بصعوبة بالتوضيح العينى فقط إقناع العلماء الصينيين أن الشمال المغناطيسى والشمال الجغرافى غير متطابقين، وكان الفرق فى ذلك الوقت حوالى ٢ درجة غربا كما عينها ريكسى. وبعد حوالى قرنين وجد أميوت (Amiot) أن الصينيين مازالوا يطبقون هذه القيمة للإنحراف فى صنع مزاولهم، مما يبين أن معرفة ظاهرة الانحراف كانت متجمدة لقرنين بعد ريكسى.

أرصاد كولومبس وعدم إدراك حقيقة زاوية الإنحراف

يعزى إلى كولومبس فى أكثر الأحيان إكتشاف الحقيقة بأن إبرة البوصلة لا تتجه تماماً إلى القطب وأنها تتغير إذا ما حملت من مكان إلى آخر. وقد تأسس هذا القول على عبارة مبهمة فى جريدة إحتفظ بها كولومبس، وعلى عبارات أوردها الكتاب الذين قاموا بتلخيص جرائده. وتبين إحدى المقالات أن واحدة من البوصلات المستعملة فى رحلته الثانية وجد بها خطا على الكارت بعيداً عن الشمال ، ربما ليسمح بتعيين الإنحراف فى بعض الأماكن. كما يتضح أن كولومبس أقلقته دورة بولاريس اليومية، مما أضاف عاملا مربكا فى الطريقة التى إتبعها لإختبار إتجاه البوصلة. وأكثر من ذلك فإن كل رحلاته التاريخية تمت فى مناطق كان الإنحراف المغناطيسى وتغيراته فيها صغيرة جداً. والموضوع كله تعرض للإبهام بالأخطاء الإضافية فى ترجمة المستندات المختصة.

بالرغم من إحتمال عدم وجود فرصة لرؤية واسعة الإدراك عن تغير زاوية الانحراف، فإن كولومبس أول بحار من الغرب المتمدين الذى اخترق مناطقا كانت زاوية الإنحراف فيها ناحية الغرب، وأنه علق على سلوك البوصلة فيها. ورغم أن نتائج كولومبس، مثل كل البحارة فى أيامه، تقديرية وليست نتيجة لأرصاد سماوية، إلا أن الإستكمال الناجح لرحلاته بكل أهميتها وتأثيراتها على المدنية، والتى تؤكد مهارته فى هذا الفن، وبالإضافة إلى الروح التى لا تقهر، كل ذلك يغطى على أية عيوب مبهمة نستشيها من تأملاته على سلوك البوصلة.

شواهد زوايا الإنحراف من الخرائط التى تمت بالبوصلة

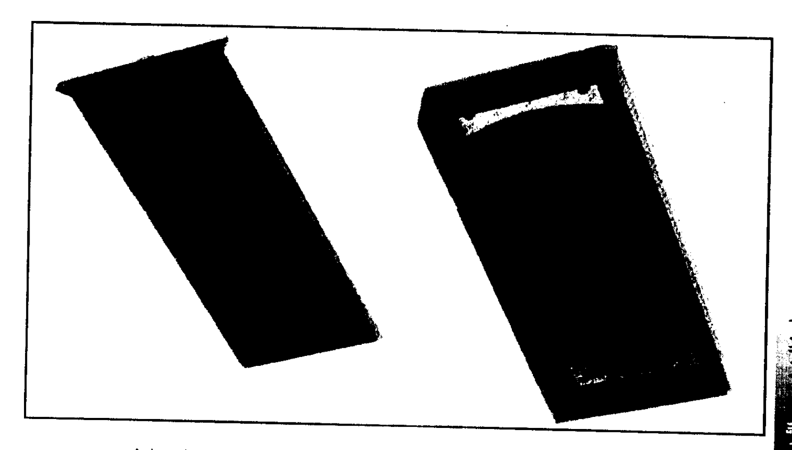
عودة إلى الأيام المبكرة، نجد أن البوصلة لعبت دوراً هاماً فى تطور التخريط فى العصور الوسطى، التى وقتها كانت المعرفة الجغرافية متأخرة، وعندما أستعملت البوصلة، وما وفرته من دقة مطلوبة، ساعدت البحارة على تحديد الاتجاه من ميناء إلى آخر بدقة معقولة، مما ساعد بدوره على تصميم خرائط على أسس متينة.

وهكذا فإن الخرائط المبكرة لسواحل البحر الأبيض المتوسط فى القرنين الرابع عشر والخامس عشر قد تمت بناءاً على اتجاهات البوصلة، بالتغاضى عن أن الإبرة لا تتجه بصفة عامة ناحية القطب الجغرافى، وأوائل هذه الخرائط كانت لمارينو سانوتو (Marino Sanuto) فيما بين عام ١٣٠٦ وعام ١٣٢٤ ، وأحسنها توجد فى أطلس أندريا بيانكو (Andrea Bianco) من فينيسيا، وتحمل تاريخ ١٤٣٦ . وقد قورن هذا الأطلس مع الخرائط الحديثة لأوسكار بيشل (Oscar Peschel)، فوجد بالرغم من الأجهزة البدائية المستعملة سابقاً، أن المسافات من مكان إلى آخر تتناسب مقدارا مع معظم خرائطه الأكثر دقة. ولكن وجد أن الأماكن لم تكن دائماً صحيحة بالنسبة لخطوط الطول والعرض، وذلك بسبب كبر المسافات المقاسة. فقد وجد أن أماكن الحد الغربى للبحر الأبيض المتوسط أبعد كثيراً ناحية الجنوب بالإسناد إلى تلك فى الحد الشرقى له.

وحيث أن الخرائط أسست على إتجاه البوصلة، فإن الإنحراف المتناسق عن الإتجاه الصحيح يوضح أن الإتجاه المبين بالبوصلة فى ذلك الوقت إختلف بكمية ذات قيمة عن الشمال الحقيقى. وبقياس الزوايا التى تدار بها هذه الخرائط حتى تحتل المواقع مكانها الصحيح بالنسبة لخطوط

الطول والعرض، استطاع باور (L.A. Bauer) أن يقدر الإنحراف المغناطيسى فى ذلك الوقت فى روما بمقدار ٥ درجات شرقا فى عام ١٤٣٦ ، أو أكثر إحتمالا قبل هذا التاريخ، حيث أن الخرائط رسمت من بيانات وقراءات لسنوات سابقة قبل تاريخ نشرها.

فى السنوات التالية، بعد أن أصبحت ظاهرة الإنحراف معروفة، أصبح من الممارسة فى بعض المواقع أن يحفر خطا أو يثبت سلكا بزاوية على كارت البوصلة، بحيث تعطى البوصلة زوايا الإتجاه عن الشمال الحقيقى بدلاً من زوايا الإتجاه عن الشمال المغناطيسى فى الأماكن المحدد إستعمال البوصلة بها (شكل ١٦) . وهكذا قال نورمان (Norman)، فى كتابه الذى نشر فى لندن عام ١٥٨١، أنه وجد فى أوربا خمسة نسق للبوصلات يتوقف كل نسق منها على مواقع الأماكن التى أستعملت فيها. فتلك التى صنعت فى إيطاليا أعطت زوايا إتجاه مغناطيسية صحيحة بإفتراض أن الإنحراف المغناطيسى كان صغيرا فى دول البحر الأبيض المتوسط. وفى هولندا



(شكل ١٦) بوصلة مزودة بخط ذات علامة تبين الانحراف المغناطيسى

والدنمارك وضعت الأسلاك عند ٣/٤ نقطة أو فى بعض الأحيان نقطة كاملة إلى الشرق من شمال البوصلة، والتى أُستعملت فى فرنسا وأسبانيا والبرتغال إنجلترا وضعت الأسلاك فى الغالب عند حوالى ١/٢ نقطة. وهكذا أستعملت بوصلات مختلفة فى عمل الخرائط لسواحل الأجزاء المختلفة لأوروبا وشرق وغرب الإنديز، وفى روسيا كانت الزاوية مختلفة.

ناقش بارنتس (Barentsz) هذه الصعوبة فى أطلس بحرى نشر عام ١٥٩٥ بتطابق مجموعة خيوط متوازيات اضلاع أضيفت على بعض خرائطه ليسهل إستعمالهم مع بوصلاته المصنوعة فى فنلندا أو البوصلات الإيطالية. وكما أشار هيثكوت (Heathcote) فقد بينت هذه الخطوط فى تلك الفترة أن البوصلات الفنلندية موضوعة لتسمح بـ ٦ درجات إنحراف ناحية الشرق. أيضاً لاحظ كولومبس تناقضاً بين البوصلات الهولندية وتلك المصنوعة فى جنوا بإيطاليا.

من المحتمل أن الخرائط بعض مسارات الطرق الألمانية لإيتزلوب (Etzlaub) هى الخرائط المبكرة المعروفة المزودة برسم يبين زاوية الإنحراف المغناطيسى، ويتزامن تاريخ هذه الخرائط تقريباً مع تاريخ رحلة كولومبس الأولى. وكان الرسم على تلك الخرائط يشير إلى زاوية انحراف قدرها ١١ ¼ شرقاً. هناك أيضاً خريطة لساحل فلسطين ضمن أعمال نشرت عام ١٥٣٢ مزودة برسم مماثل بأن زاوية الانحراف ٢٥ درجة (من الواضح انها قيمة مبالغ فيها). وتعتبر هذه الخرائط كبشارة لإنتاج خرائط تساوى الإنحراف.

شواهد من المزاول ذات المعرفة الأولى لزاوية الإنحراف

بينت دراسات هيلمان (Hellman) أن إنشاء المزاول إستلزم بالدرجة الأولى معرفة زاوية الإنحراف المغناطيسى بدقة من التسجيلات المعروفة حتى وقت إنشائها. بجانب المزاول المثبته، والتى يمكن اقتفاء بداية إستعمالها للفترة الكلدانية البابليونية، هناك أيضاً فى الأزمنة السابقة مزاول محمولة للمسافرين، أهم ملامحها أنها مكونة من بوصلة صغيرة للإستعمال، بدون شك، فى تحديد الإتجاهات. ويحفظ فى عديد من المتاحف فى أوروبا عينات من هذه المزاول المحمولة، ومعظمها من أصل ألمانى. ويظهر أن مدينة نورنبرج كانت تشتهر بأنها مركز تصنيع المزاول المزودة بالإبر المغناطيسية فى منتصف القرن الخامس عشر.

وشكراً لـ فولكن هاور (Wolkenhaur) ودراساته التى كشفت عن ثلاث مزاول ببوصلات أنشئت قبل عام ١٥٠٠، أهمها محفوظة فى متحف فيردينانديم (Ferdinandeum) فى انسبروك (Innsbruck) وهى مزولة جيب فى حجم الساعة، وتحمل تاريخ عام ١٤٥١، ومصنوعة من النحاس، ومطلية بالذهب، ومزركشة بنسر سلطانى ومينة سوداء. وطبقاً لهيلمان فهذه المزولة قد تم صنعها فى نورنبرج للإمبراطور فريدريك الثالث.

والنقاط الأساسية مبينه على حافة صندوق البوصلة، وعبر قاع الصندوق هناك خط محفور ثقيل متفرع عند أحد نهاياته، والتى من المعتقد أنها تشير إلى إتجاه إبرة البوصلة فى نورنبرج فى وقت تصنيع الجهاز بحوالى ١١ درجة شرق الشمال الحقيقى.



وجد هيلمان عينة أخرى فى المتحف القومى البافارى تعود إلى عام ١٤٥٦، ومن المحتمل أنها لنفس الصانع، محفور على البوصلة خط بزاوية

حوالى ١١ درجة من الشمال. وحيث أن صناعة المزاول المزودة بالبوصلة بلغت مرحلة عالية من الكمال فى وسط القرن الخامس عشر، فقد اعتقد هيلمان أن هذه الزاوية ١١ درجة شرقا قد ترجع إلي تاريخ مبكر عن عام ١٤٥١، حيث من المعلوم أن نفس الزاوية استعملها صناع نورنبرج حتى فى القرن السادس عشر. وعلى كل، يظن أنه قد سمح بتقريب نقطة واحدة لزاوية الانحراف السائدة، نقطة البوصلة البحرية تساوى ٤/١ ١١ درجة. ونفس قيمة الانحراف هذه منوه عنها فى خرائط المسارات الألمانية السابق ذكرها.

وكان جورج هارتمان (Georg Hartmann) الذى عاش فى نورنبرج من عام ١٥١٨ إلى مماته قسيسا فى كنيسة سيبالدس واحداً من أكثر صانعى البوصلة شهرة، وأنشأ هذه المزاول بأعداد وفيرة لشخصيات الطبقة العالية، منهم دوق ألبرت من بروسيا. وفى أحد مراسلاته للدوق تحدث عن صنع ثمان مزاول عاجية وأربع أخريات أقل حجماً فى صناديق خشبية، صممت معظمها للإستعمال فى خط عرض ٥٥ درجة.

ليس لدينا وسيلة لتحديد الزمن الذى وصل صناع أو مستعملى البوصلة للإعتقاد بان إنحراف الإبرة عن الشمال الجغرافى هو إنحراف حقيقى وليس نتيجة لسوء الصناعة أو لنوعية الحجر المغناطيسى الذى دلكت به الإبرة، إنما ندين لهارتمان بأول تحديد مسجل للإنحراف المغناطيسى على الأرض، فقد كتب بتاريخ ٤ مارس عام ١٥٤٤ إلى دوق ألبرت من بروسيا بأنه وجد أن زاوية الانحراف ٦ درجات شرقاً فى روما و١٠ درجات شرقاً فى نورنبرج، وأكثر من ذلك أو أقل فى أماكن أخرى. وحيث أن هارتمان عاش فى روما فى عام ١٥١٠ فإن أرصاده لابد وأن تشير إلى ذلك التاريخ.



وحتى قبل هذا التاريخ فقد رأينا أن صناع البوصلة حريصون على وضع خط على المزولة ليشير إلى الزاوية بين الشمال الحقيقى والشمال المغناطيسى، وأعطى فولكن هاور (Volkenhauer) ملخصا قيما لزوايا المزاول المزودة بالبوصلات طبقاً للبلد أو المكان التى صنعت فيها، وعلى ذلك فقد أصبح من الممكن أن نستنتج من بعض المزاول التاريخية المحفوظة قيم الانحراف المغناطيسى فى تواريخ صنعها، وعلى سبيل المثال نرى فى (الشكل ١٣) مزولة عاجية صنعها هيرونيمس بلارماتس عام ١٥٤١ وجدت فى مقتنيات الأمير دى كونتى، ومنها أستنتج أن زاوية الانحراف كانت حوالى ٧ درجات شرقاً فى باريس عام ١٥٤١ .

(الطرق المبكرة لتعيين زاوية الإنحراف)

بداهة أن الطريقة الأولى لتعيين زاوية الإنحراف كانت تنحصر فى رصد السلوك الإتجاهى للنجم بولاريس مع الشمال المغناطيسى (عمليا لنقطة على الأفق تقع أسفل بولاريس)، ويحتمل أن كولومبس إستخدم هذه الطريقة، ولكنها طريقة ليست دقيقة بالقدر الكافى، بالإضافة إلى أننا لانعلم يقينا ما إذا كانت حركة بولاريس حول القطب معروفة وأخذت فى الحسبان أم لا.

ابتكر فيليب جويلن (Felipe Guillen)، وهو صيدلى سيفيلى بإيطاليا جهازا لتعيين أدق لزاوية الانحراف، وقدمه إلى ملك البرتغال عام ١٥٢٥، ويدون بهذا الجهاز السلوك الإتجاهى للشمس بالنسبة للشمال المغناطيسى عند ارتفاعات قبل وبعد الظهر. وبملاحظة ظل ريشة، تكون أنصاف فروق الزوايا الاتجاهية عبارة عن زاوية الإنحراف.

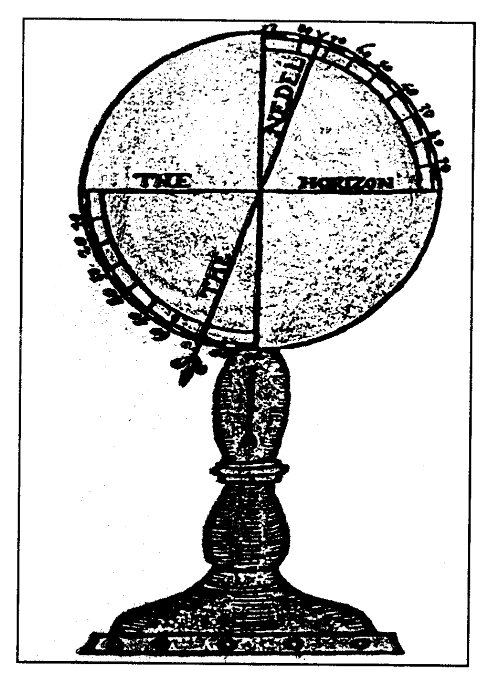
ويحتمل أن أول الكتب التى تعطى زوايا الاتجاه هو أحد كتب فرانسسكو فاليـرو (Fransisco Falero) نشر فى عام ١٥٣٥، وفيه أعطى ثلاث طرق كلها استـخـدمت الشـمس من حيث (١) السلوك الإتجـاهى للشـمس بـالنسـبـة للشمـال المغناطيسى (٢) طريقـة جويلن لإرتفـاعـات الشمس المتسـاوية، (٣) السلـوك الإتجـاهى للشمس بالنسبـة للشـمـال المغنـاطيسى عند الشـروق وعند الغروب.

فى عـام ١٥٣٧ عـدل نونيس (Nunes) جـهـاز جـويلن بإضـافـة وسـيلة لقياس إرتفاعات الشمس، واخترع طريقة جديدة لتعيين خطوط العرض فى أى وقت أثناء النهـار. كذلك قدم إنفـانتى دوم لويس (Infante Dom Louis)، البـرتغـالى الذى تلقى تعليـمـاً فى الرياضـيـات والفلك من نونيس، اظهـرا اهتمـاماً بالغـاً فى جميع المشـاكل الملاحيـة، جهازا إلى جو دى كاسـترو (Jaeo de Castro) القـائد لواحد من الإحدى عشـر مركبا التى أبحـرت إلى الإنديز الشـرقيـة عـام ١٥٣٨، وعهـد لويس إليـه أن يولى الجـهـاز والطرق الجـديدة إهتمـامـاً كبيـراً وإجـراء اختبـارات مكثفـة. وقـام كاسـترو بتنفـيذ تعليمـات انفـانتى بدقـة، وأوضـحت الجـرائد وكتب كـاسـترو التى دون فـيهـا أرصـاده البـحـرية، والمغناطيسـيـة، والجـوية، والـهـيـدروجـرافـيكيـة، ومـلاحـظـاته على الظواهـر الطبيعـيـة الشـبـيهـة من عـام ١٥٣٨ إلى عـام ١٥٤١، مـدى الدقـة. والكتب تحـتـوى على ٤٣ قيـمـة للإنحـراف المغناطيسـى، ومذكرات بالنسبة للأجهزة وطرق إستخدامهـا، وإنحـراف البوصلة، ومـغـناطيسيـة الصـخـور... وبعـد قـراءة الجـرائد والكتب لم يتـردد هيلمـان ليعلن أن جـو دى كاسـترو هو أعظم من يسـتـحق أن يكون ممثـلاً للدراسـات العلمـيـة الملاحيـة حتى عصـر الإستكشـاف.

الطرق التى حظيت بالتطبيق، وجاءت تدريجياً إلى الأستعمال الشائع بين البحارة، وضعها الكتاب الأسبان والانجليز والهولنديون حتى أواخر القرن السادس عشر، ولكن بدون ذكر لجويلن وفاليرو ونونيس.

(نورمان والميل المغناطيسى)

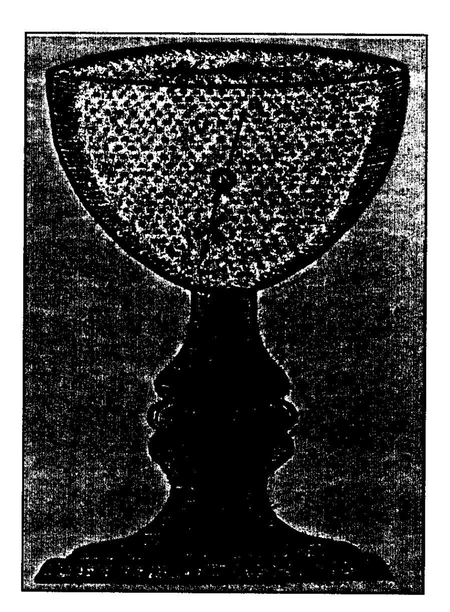
بالرغم أن هارتمان (Hartmann) صانع المزاول فى نورنبرج هو من لاحظ فى عام ١٥٤٤ أن الطرف الشمالى للبوصلة يميل إلى أسفل تحت الأفق، إلا أنها متروكة لروبرت نورمان (Robert Norman) فى لندن أنه أول من اخترع جهازا مزودا بإبرة ترتكز على محور أفقى وتقيس زاوية الميل. فقد أخبرنا نورمان فى كتابه الذى نشر عام ١٥٨١ بأن هناك ميلا غريبا للإبرة المغنطة عن المستوى الأفقى. كان نورمان صانع أجهزة له خبرة من ١٨ إلى ٢٠ سنة فى الملاحة. وفى صناعة البوصلات لاحظ ضرورة إضافة قطع صغيرة من الشمع على الطرف الجنوبى للإبرة حتى تحتل وضعها الأفقى الذى كانت عليه قبل مغنطتها، ولكنه لم يعط هذه الحقيقة إكتراثاً فى البداية، بل عندما سنحت له فرصة صنع جهاز مزود بإبرة طولها ٦ بوصات، أضطر أن يقتطع بعضا من طرفها الشمالى حتى تتزن الإبرة، وبعمل ذلك قصرها جداً وأتلف التجربة ولكنه قرر ضرورة القيام بعمل التجربة كلية مرة أخرى، فصمم جهازاً (شكل ١٧) لتعيين مدى ميل الإبرة بعد دلكها بالحجر المغناطيسى، وأكبر زاوية ستتخذها مع المستوى الأفقى. وباستخدام هذا الجهاز قاس زاوية الميل فى لندن عام ١٥٧٦ ووجد انها ٧١ درجة و٥٠ دقيقة.



(شكل ١٧) أول جهاز لقياس زاوية الميل (نورمان ١٥٧٦)

استمر نورمان فى أبحاثه وأثبت تجريبياً أن قوة المغناطيسية الأرضية المؤثرة على الإبرة لا تولد حركة انتقالية، بل فقط تؤدى إلى حركة دورانية. ولعمل ذلك أنفذ سلك خلال قطعة فلين بحجم يمكنها من حمل الإبرة فوق سطح وعاء الماء. ثم أخذ فى إنقاص الفلين جزءا جزءا حتى تمكن السلك من مجرد الطفو تحت السطح. وفى نفس الوقت عدل من وضع الفلين بالنسبة للسلك حتى يبقى السلك أفقيا. وبعد أن دلك السلك بالحجر المغناطيسى، غطس الطرف الشمالى تحت الأفق مثلما حدث للإبرة فى دائرة الميل، ولكن بقيت قطعة الفلين كما هى لم تغطس أو تطفو (شكل ١٨).

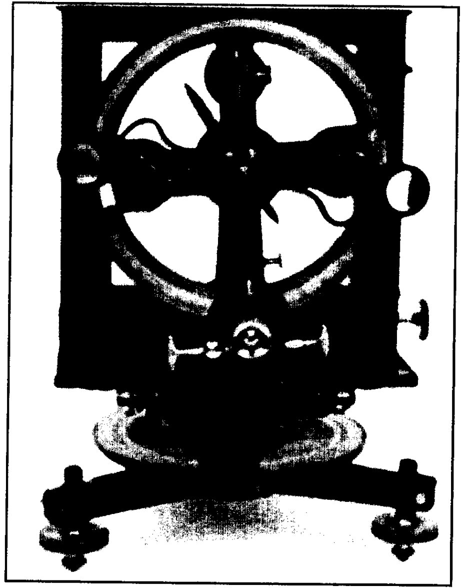




(شكل ١٨) تجربة نورمان المستخدمة لتوضيح قياس زاوية الميل

أيضاً قام بوزن عدد من قطع السلك الصلب قبل وبعد مغنطتها، وبإستعمال ميزان ذهب حساس تأكد أنه لم يحدث أى تغير فى الوزن، وهكذا أثبت خطأ الزعم بأن دلك أحد أقطاب الإبرة بحجر المغناطيس يزيد من وزنها.

وجدير بالذكر أن الفكر السائد أيام نورمان كان يقول أن البوصلة إما تشير إلى نقطة جاذبة كانت تعرف بالقطب السماوى، أو بإفتراض وجود جبل مغناطيسى، أو جزيرة نائية تتجه إليها الإبرة. ولكن نورمان أدحض هذا الفكر الزائف مؤكداً كنتيجة لتجاربه: (أ) أن النقطة المفترضة التى يميل الطرف الشمالى للإبرة مشيراً إليها لم تكن فوق الأفق ولكن أسفله، (ب) أنها لم تكن نقطة جاذبة بل نقطة نسبية، أو كما نقول حالياً أن الإبرة لم تجذب بل فقط توجه إلى النقطة. واعتقد أن هذه النقطة تقع فى مكان ما



(شكل ١٩) بعض الأجهزة المستخدمة فى قياس زاوية الميل

على امـتـداد الخط التى تميل به الإبرة على الأفـقى، وعليــه فـان القـيـام بأرصـاد الميل فى الأمـاكن المختلفـة سيـؤدى إلى تحديد موقع هذه النقطة، وذلك بتـقـاطع خطوط الميل. ويبين شكل (١٩) نماذج لبعض أجـهـزة قـيـاس زاوية الميل، كما غامر نورمان بفكرة أن زاوية الميل لابد وأن تختلف بإختلاف المسافة من النقطة النسبية. ولكن السلوك الحقيقى لإبرة الميل على مسافات مـخـتلفـة من القـطب الشـمـالى المغناطيسى الأرضى لم يكن بأى حـال ضـمن فـروض نورمـان الخـاصـة بالنقـطة النسـبـية، وعلى كل فـان تجـارب نورمـان واستنتاجاته كونت خطوة تقدمية كبيرة، ودافع مؤكد إلى التقدم الكبير فى العلم وقد صممت أجهزة لقياس زاويتى الإنحراف والميل (شكل ٢٠).

وطالب نورمـان فى كـتـابه إلى الانتبـاه إلى الممارسة الشائعة لضبط كـارت البوصلة ليتـلاءم مع الانحـراف فى المنـاطق التى سـتسـتـخـدم فـيـهـا ولإزالة البلبلة التى نتجت من إستعمال هذه البوصلات فى رسم الخرائط.

وفى ملحق لطبعـة لاحقة لكتاب نورمـان، ظهـر خطاب لوليـام بوروف (William Borough)، شرح فيه العديد من طرق تعيين الإنحـراف المغناطيسى وأعطى نصـائحـه لإسـتـعـمـالهـا فى الملاحة، كذلك نبـه بوروف إلى التوزيع الغير منتظم للمغناطيسية الأرضية الذى تعرف عليه نتيجة خبرته كملاح.

(شكل ٢٠)
جهاز لقياس زاويتى الانحراف والميل



(أعمال وليام جيلبرت)

يعتبر عام ١٦٠٠ عاماً مشهوداً فى تاريخ علوم المغناطيسية والكهربية، فى هذه السنة ظهرت أعمال د. وليام جلبرت (William Gilbert) فى كتابه «دى ماجنيت» مشتملاً على ملخص كامل عن خواص الأجسام المغناطيسية المعروفة حتى ذلك الحين، كما يحتوى على نظريته بأن الأرض نفسها مغناطيس كبير.

ولد جلبرت فى كولتشيستر بإنجلترا فى عام ١٥٠٤، وبعد تخرجه من كلية سان جون، عمل هناك ممتحنا للرياضيات، ودرس الطب ونال درجته فى عام ١٥٦٩، ويقال أنه تمرن كفيزيائى بنجاح كبير، ونال إستحسانا كبيراً. وقد جذبت مهارته أنظار الملكة اليزابيث فعينته وجعلت له معاشا ليساعده في متابعة دراساته الفلسفية.

وقد توجهت دراسات جلبرت المبكرة لأبحاث الكيمياء، ولكنه أعطى إهتماماته مؤخراً إلى الكهربية والمغناطيسية، وقد ترجع لإهتمامات نورمان بدراسة المغناطيسية الأرضية اكتشافه الميل المغناطيسى فى عام ١٥٨١، واستمر جلبرت فى دراسة المغناطيسية لمدة ١٨ عاما قبل ظهور كتابه «دى ماجنيت» فى عام ١٦٠٠، وعليه فلابد أنه بدأ حوالى عام ١٥٨٢ .

إتبع جلبرت فى أبحاثه وتيرة متكاملة منتظمة. فمعظم ما ذكر فى كتابه تشهد له بمعرفته بالكتابات السابقة عن الموضوع، ويقال أنه أنفق ٥٠٠٠ جنيهاً استرلينيا على تجاربه، مختبراً العديد من المواد التى قام بجمعها من أعالى الجبال إلى أعماق البحار، أو أعمق الكهوف، أو المناجم لكى يكتشف المادة الحقيقية للأرض ذات القوى المغناطيسية. ومن الواضح أنه جمع مجموعة من الحجر المغناطيسى ذات النوعيات المختلفة استجلبها

من المواقع المختلفة. كان لجلبرت مثله مثل نورمان اعتقاداً راسخاً بأهمية إجراء التجارب، ولم يكن يطيق التخمين ونظريات الفلاسفة المضاربين الشائعة دون برهان. وتقريباً تعتمد كل إستنتاجاته على التجارب التى قام بها مرارا وتكرارا مع التغير الطفيف فى ظروف التجربة، ومن هنا تكمن الأهمية الكبرى لأعمال جلبرت عن خواص المواد المغناطيسية، ولم يكن يقبل أية عبارة للآخرين حتى يرضى تجريبياً بمدى صحتها.

بالنسبة لرأيه أن الأرض تسلك كمغناطيس كبير، أعطى جلبرت أهمية خاصة للتجارب، حيث أعد كرة من الحجر المغناطيسى أطلق عليها تيريلا (Trttella) مع ابرة ممغنطة محورية صغيرة جداً طولها كطول حبة من الشعير. والتيريلا كما وصفها ذات قطر من ٦ إلى ٧ أمثال عرض الاصبع، ولكن بالقطع كان لديه العديد منها.

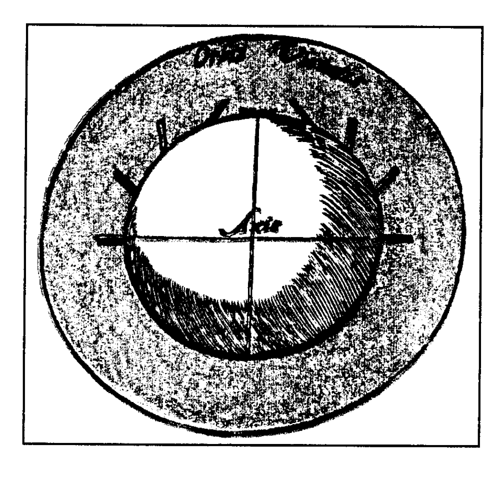
قام جلبرت بكتابة كتبه باللغة اللاتينية، نشر فليرى موتيلاى (Fleury Mottelay) ترجمة لها بالانجليزية عام ١٨٩٣رغم صعوبة الترجمة لبعض المقاطع فى الكتب الأصلية.

الأرض مغناطيس كبير

درس جلبرت أولاً منابع وخواص الأنواع المختلفة للحجر المغناطيسى وخام الحديد وأوجه التشابه الأساسية بينهما. حينئذ استحدث نظرية شاملة مؤداها أن الحجر المغناطيسى هو الأصل الأساسى للمادة، أى أن الحجر المغناطيسى يكون الأرض ما عدا القشرة الخارجية. وأن المواد التى نعرفها قد اشتقت من الحجر المغناطيسى بظاهرة التحلل، أى أن الأرض حجر مغناطيس كبير ذو قطبين وخط استواء، تماماً مثل التيريلا لها قطبين وخط متعادل بينهما، وأن الأرض أخذت اتجاهاً ثابتاً فى الفضاء، مثلها مثل

التيريلا أخذت اتجاهاً معيناً بالنسبة للأرض، وتدور يومياً حول محورها، لذلك تحدد - حسب قوله - الإتجاه الذى تميل التيريلا لإتخاذه دائماً عند ثباتها. وبالرغم من أن معظم أسباب جلبرت بإعتبار أن الأرض حجر مغناطيسى كبير قد نبذت، إلا أن فكرته بأن سلوك الأرض يماثل لحد كبير نفس السلوك لمغناطيس كروى هى نقطة البداية للتطورات المستقبلية لعلم المغناطيسية الأرضية. ولقد انبهر جاليليو الذائع الصيت بمقالة جلبرت التى أيدت وجهة نظر كوبرنيكس بأن الأرض تدور حول محورها.

لم يكن لدى جلبرت قيما مرصودة للميل ما عدا قيمة واحدة عينها نورمان فى لندن، إلا أنه استطاع بالتيريلا أن يحصل على فكرة طيبة جداً عن توزيع الميل على كرة مغناطيسية منتظمة (شكل ٢١). لاحظ أن رسمه يبين بوضوح كيف أن الميل على هذه الفكرة يتغير من الصفر عند خط الاستواء إلى ٩٠ درجة عند كل من قطبيها، وأن التغير يكون أسرع ما يكون



(شكل ٢١) تمثيل لمجال مغناطيس كروى يشابه الكرة الأرضية (جلبرت)



عند خط الإستواء. وهكذا ابتكر طريقة جغرافية فذة لمعرفة الميل عند أى خط عرض، على إفتراض أن محور المغناطيسية منطبقاً مع محور الدوران على خلاف المعروف حالياً، إلا أنه توصل إلى القيمة التى رصدها نورمان تقريباً لخط عرض لندن. وقد قدم هودسن (Hudson) برهانا لصحة نبوءات جلبرت الجريئة بزيادة الميل بزيادة خط العرض أثناء رحلته عبر بحر بارنتس فى عام ١٦٠٨ عندما قاس الميل ووجد قيماً عالية وصلت إلى ٨٤ درجة.

اقترح جلبرت استخدام أرصاد الميل كوسيلة لايجاد قيمة خطوط العرض، وصمم جهازاً لقياس الميل. وفى نفس الوقت حقر جلبرت الرأى المماثل لايجاد قيمة خط الطول من قياس الانحراف (وهو مشروع كان مفضلا منذ أيام كولومبس) بإعتبار أن الإبرة لا تتبع دائرة السمت، بالإضافة إلى أن زاوية الإنحراف تنتج لأسباب متنوعة وليست مؤكدة. ولقد توقع جلبرت أن شذوذا مماثلاً فى زاوية الميل قد يعوق استعمال طريقته لتحديد قيم خطوط العرض، وحذر من الأعتماد على طريقته حتى يتم رسم خرائط توزيع الميل بالرغم من اعتقاده فى شذوذ صغير محتمل. ومما يستحق الإنتباه أن عدم تطابق المحور المغناطيسى ومحور دوران الأرض - وهو ما كان يرتاب فيه أو لم يعطه الإهتمام الكافى - هو عامل هام فى كلا الإفتراضين.

فى كتابه الثانى بين جلبرت الإختلافات بين الجذب المبذول بالأجسام المكهربة، ولاسيما الكهرمان، والجهد المبذول بالحجر المغناطيسى والأجسام الممغنطة الأخرى. كما أعطى بتفصيل كبير التفاعل المتبادل بين الحجر المغناطيسى والحديد.

وفى كتابه الثالث ناقش جلبرت إتجاه الحجر المغناطيسى. كذلك بين إمكانية مغنطة قضيب من الحديد دون دلكه بالحجر المغناطيسى، على سبيل المثال طرق الحديد الساخن أثناء تبريده يكسبه مغناطيسية تتوقف على إتجاه وضعه، كذلك لو ثبت قضيب من الحديد فى إتجاه الشمال - الجنوب لعدة سنوات فسيكتسب مغنطة. وقد اكتشف هذه الحقيقة فى ٦ يناير عام ١٥٨٦، حيث كانت قطعة من الحديد تسند حلية من خزف محروق فوق برج كنيسة سان أجوستير لمدة طويلة ثم انحنت بقوة الرياح وبقيت هكذا لمدة عشر سنوات. وعندما أراد الرهبان إعادتها إلى استقامتها الأولى، وذهبوا بها إلى حداد، وفى دكان الحداد إكتشفوا أنها أصبحت تشبه الحجر المغناطيسى وجذبت إليها الحديد.

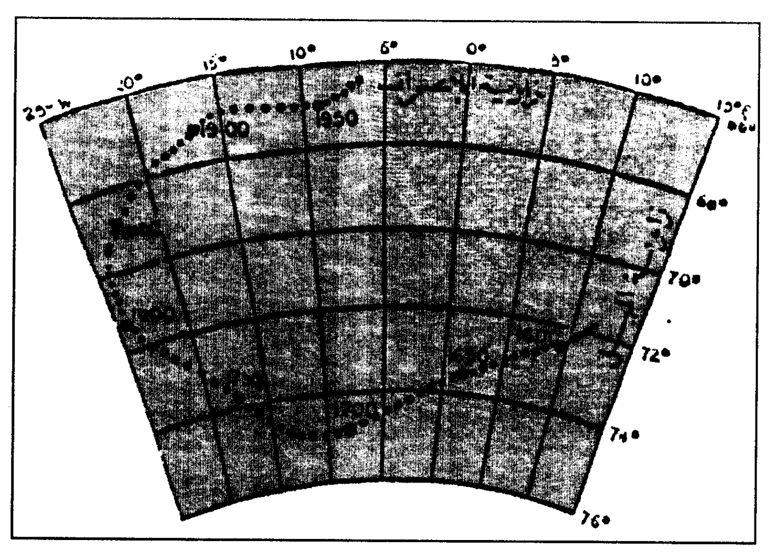
تأثراً بحقيقة أن الأرض مثلها مثل الحجر المغناطيسى تبذل تأثيراً على مسافة، بالرغم من الأجسام البينية المتخللة، إستعمل جلبرت تعبيراً معناه المجال المغناطيسى (شكل ٢١) يحدد الحيز الذى يظهر فيه تأثير المغناطيس.

(اكتشاف التغير الحقبى)

يعتبر اكتشاف جليبراند (Gellibrand) عام ١٦٣٤ تغير الانحراف المغناطيسى مع الزمن (شكل ٢٢) من الموضوعات ذات الأهمية المرتبطة بعلم المغناطيسية الأرضية. وحتى ذلك الوقت كان يفترض أن الانحراف المغناطيسى، بالرغم من اختلافه فى موقع عن موقع آخر، أنه ثابت غير متغير فى المكان الواحد، ماعدا أنه قد يعانى تغيراً بتفكك القارات كما قاله جلبرت.

(شكل ٢٢) خطوط تساوى الانحراف للحقب ١٦٠٠ ، ١٦٥٠ ، ١٧٠٠ ، ١٧٥٠ ، ١٨٠٠ ، ١٨٥٠ ، (باراكلوف ١٩٧٤).

كان هنرى جليبراند أستاذاً للرياضيات فى جامعة جرس هام، وعين الإنحراف المغناطيسى فى ديبفورد التى تقع على حوالى ٣ أميال جنوب شرق كوبرى لندن فى ١٢ يونيو عام ١٦٣٤، وحصل على قيمة ٤ درجات و٦ دقائق شرقاً. كان إدمون جنتر (Edmund Gunter) رياضى فى جامعة جرس هام وبالقياس وجد أن الانحراف ٥ درجات و ٥٦,٥ دقيقة وشرقاً فى ١٣ يونيو عام ١٦٢٢، كذلك وجدها بوروف (Borough) ونورمان ١١ درجة و١٥ دقيقة عام ١٥٨٠، أعاد جيلبراند أرصاده، ودرس بعناية الأرصاد المنشورة لبوروف وغيره، واستنتج بذلك أن الإنحراف المغناطيسى قد تغير بقدر ملحوظ فى الفترة بين عام ١٥٨٠ وعام ١٦٣٤ (شكل ٢٣).

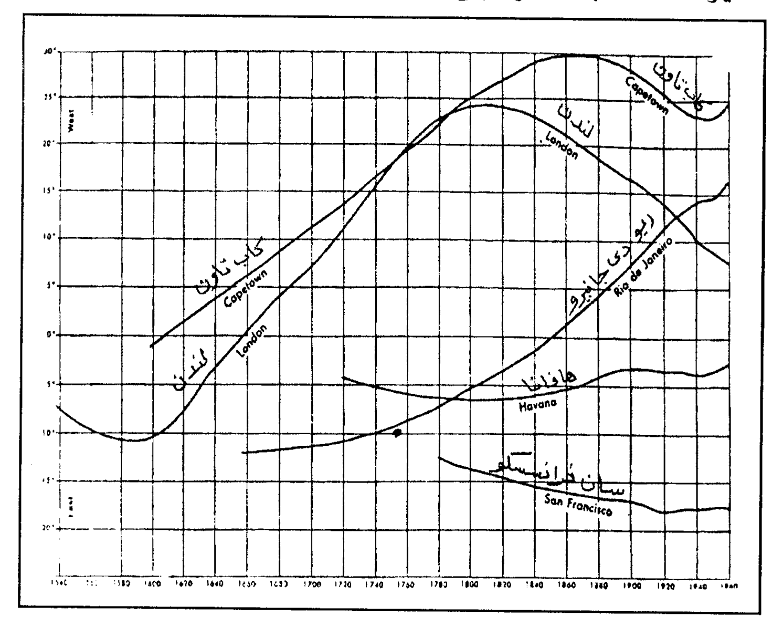


(شكل ٢٣) التغير الحقبى فى زاوية الإنحراف وزاوية الميل فى لندن

نشر جليبراند إكتشافه فى كتاب بعنوان «حديث رياضى عن التغير فى الإبرة المغنطة مع نقصانها الذى يدعو للإستعجاب المكتشف أخيراً » ولكنه توقف عن التمعن عن مصدر النقصان فقال «إما أن يعزى النقصان إلى المغناطيس نفسه وإما أن يعزى إلى الأرض» وترك التحقق عن سبب التغير للأيام المقبلة ليتم كشفها.

وقد كان لإكتشاف جليبراند أهمية كبرى لجميع مستعملى البوصلة فالبحارة عند زيارتهم الموانىء البعيدة، سيجدون قيمة لزاوية الإنحراف تختلف عما ذكرها البحارة السابقون، فلا يفقدوا الثقة فى قراءة زملائهم القدامى. كذلك لا يستطيع المساحون تتبع الخطوط المساحية التى تمت ببوصلة فى السابق إلا بعد أن يعرفوا أولاً التغيير الذى حدث لزاوية الإنحراف فى الفترة منذ القياس السابق إلى وقت قيامهم بأرصادهم.

بينت الأرصاد منذ أيام جليبراند أن زاويتى الميل والإنحراف وشدة المجال المغناطيس الأرضى تتغير مع مرور السنين (شكل ٢٤) ، غير أن سبب التغير لم يزل غير مفهوم تماماً. وقد تكررت فكرة أن التغير الحقبى يعزى إلي إنتقال القطب المغناطيسى، ولكنها أخذت وقتاً كبيراً حتى استقر أن التغيرات معقدة جداً لتعزى إلى هذا السبب البسيط.



(شكل ٢٤) منحنيات توضح التغير الحقبى بالتقريب لزاوية الإنحراف فى بعض النقاط المختارة

والكثير من معلوماتنا عن نظام المجال الأساسى وكذلك عن التغير الحقبى يعود إلى الحملات المتلاحقة لإقتحام المناطق المتجمدة الشمالية والقيام بالأرصاد المغناطيسية بواسطة المستكشفين خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر.




بسم الله الرحمن الرحيم
﴿ وَلَقَدْ كَرَّمْنَا بَنِي آدَمَ وَحَمَلْنَاهُمْ فِي الْبَرِّ
وَالْبَحْرِ وَرَزَقْنَاهُم مِّنَ الطَّيِّبَاتِ وَفَضَّلْنَاهُمْ
عَلَىٰ كَثِيرٍ مِّمَّنْ خَلَقْنَا تَفْضِيلًا (٧٠) ﴾
(سورة الإسراء)

(الخرائط المغناطيسية التاريخية)

كان عدم أخذ تغير الإنحراف من مكان إلى آخر فى الحسبان، سببا فى ضآلة تطبيق قيم الإنحراف المبينة على خرائط العصور الوسطى بإستخدام البوصلات الوردية عند إصدار الخرائط العامة للمحيطات والقارات. كذلك الخرائط المغناطيسية التى أعدها سانتا كروز (Santa Cruz) حوالى عام ١٥٣٦، ليس معلوما كيفية تعامله بالنسبة للإنحراف. وكما تشير التسجيلات، لم تستخدم طريقة ملائمة حتى القرن التالى، هذه الطريقة خصصت لتجد تطبيقاً واسعاً فى المترولوجيا وخرائط التضاريس، والأفرع الأخرى للجغرافيا الفيزيائية، وظهرت لأول مرة فى عمل لاتينى نشر عام ١٦٤١ لأثاناسيوس كيرشر (Athanasius Kircher) الذى قيدها لحساب الرياضى كريستوفر بورس (Christopher Borrus). والمثال المبكر الباقى من هذا النوع، وربما تعتبر أول خريطة ذات أسس قوية لبيانات مقاسه هو عمل الفلكى ادموند هالى (Edmond Halley) الذى نشر فى عام ١٧٠١ (شكل ٢٥) على نفقة الحكومة البريطانية. والخريطة تبين خطوط الإنحراف المتساوية عبر المحيط الأطلنطى مؤسسة على أرصاده فيما بين عام ١٦٩٨ وعام ١٧٠١، ومرسومة على قماش. ومن المحتمل أن خريطته الثانية نشرت بعد ذلك بعام وتعطى خطوط تساوى التغير فى الإنحراف فوق المحيط الهندى وأقصى الجزء الغربى من الباسفيكى وكذلك فوق الأطلنطى. والتسمية الشائعة لخطوط تساوى الإنحراف الشائعة اليوم تعود إلى هالى.



أعطى فان بملن (Van Bemllen) تجميعاً شاملاً لقيم الإنحراف المغناطيسى المبكرة، ونشر مجموعة خرائط تساوى الإنحراف عليها أيضاً

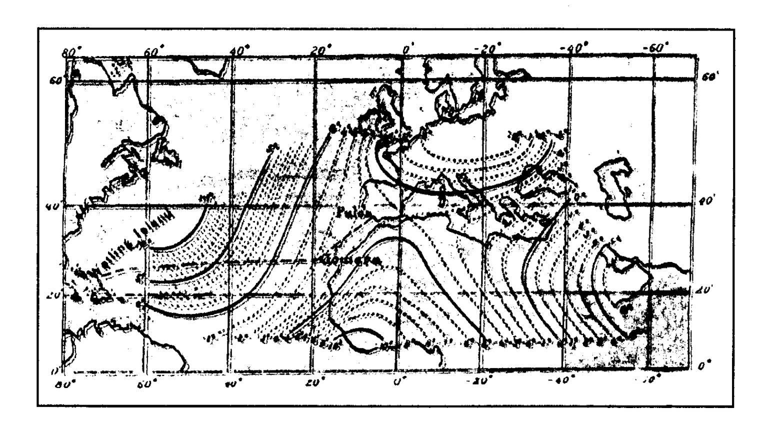
خطوط تساوى التغير فى الإنحراف التى أعدها للسنوات ١٥٠٠ ، ١٦٠٠ ، ١٦٥٠ ، ١٧٠٠ . ويبين (شكل ٢٦) خريطة عام ١٥٠٠ . وبالرغم أن أية خريطة لهذه الحقب المبكرة بالتأكيد هى تمثيل تقريبى للعدد المحدود والمتاح للأرصاد، إلا أنها توضح بجلاء التغير فى توزيع الإنحراف المغناطيسى لسطح الأرض من قرن إلى قرن آخر.

فتح هالى الطريق لتطبيق نفس الخطة للعناصر المغناطيسية الأخرى، وإلهاما لأول خريطة للميل المغناطيسى نشرها وليام هيستون (William Whiston) عام ١٧٢١ . والهدف من العديد من الخرائط هو تزويد البحارة بمادة منظورة تساعدهم لايجاد خط الطول والعرض بإستعمال الأرصاد المغناطيسية. وعبر هيستون عن تحقيق هذا الأمل بإتمام أرصاد الميل، وخريطته التى إنحصرت فى جنوب شرق إنجلترا. ولم تنشر خريطة الميل على المستوى العالمى إلا عام ١٧٦٨ بواسطة ليوهان كارل ويلسكى (Johan carl wilcke) السويدى. وقد جاءت هذه الخريطة لتؤكد صحة توقعات جلبرت فيما يتعلق بتوزيع الميل (شكل ٢٧). أما العلاقات المناظرة للشدة الكلية للمغناطيسية الأرضية فقد اكتشفها لامانون (Lamanon) عام ١٧٨٧ وكذلك هومبلت (Humboldt) فى رحلاته فى أمريكا (١٧٩٨ - ١٨٠٣) كل على حدة. كذلك قدمت رحلات دوبرى (Duperrey) توضيحات أكثر عن هيئة المغناطيسية الأرضية ولاسيما بالنسبة لخط الاستواء المغناطيسى ويبين شكلى (٢٧ و ٢٨) خريطتى تساوى الميل وتساوى الإنحراف للحقبة ١٩٥٥ .



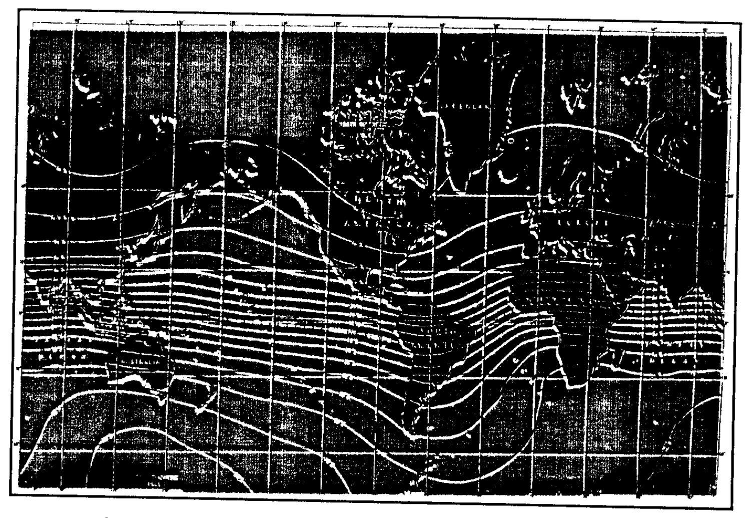
(شكل ٢٥) خريطة ادموند هالى لخطوط تساوى الانحراف (نشرت عام ١٧٠١)

خطوط تساوى التغير فى الإنحراف التى أعدها للسنوات ١٥٠٠ ، ١٦٠٠ ، ١٦٥٠ ، ١٧٠٠ . ويبين (شكل ٢٦) خريطة عام ١٥٠٠ . وبالرغم أن أية خريطة لهذه الحقب المبكرة بالتأكيد هى تمثيل تقريبى لقلة العدد المحدود والمتاح للأرصاد، إلا أنها توضح بجلاء التغير فى توزيع الإنحراف المغناطيسى لسطح الأرض من قرن إلى قرن آخر.

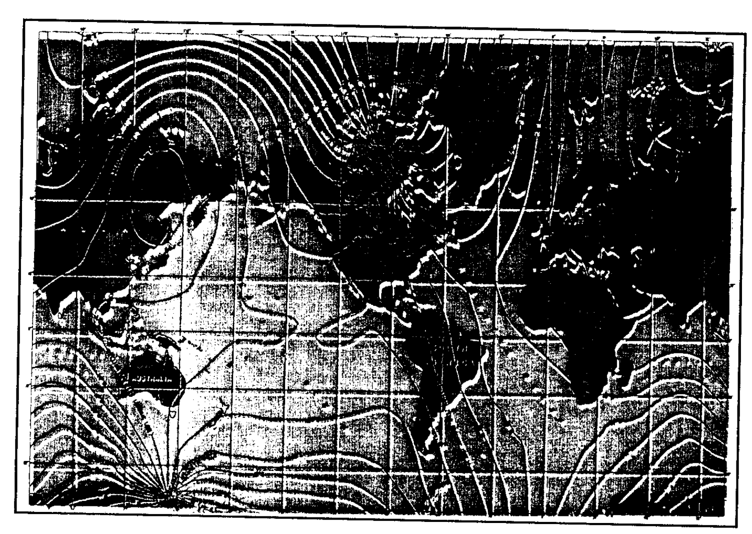


(شكل ٢٦) خريطة فان بملن لتساوى الإنحراف للحقبة ١٥٠٠ (نشرت عام ١٨٩٩)

فتح هالى الطريق لتطبيق نفس الخطة للعناصر المغناطيسية الأخرى، وإلهاما لأول خريطة للميل المغناطيسى نشرها وليام هيستون (William Whiston) عام ١٧٢١ . والهدف من العديد من الخرائط هو تزويد البحارة بمادة منظورة تساعدهم لإيجاد خط الطول والعرض بإستعمال الأرصاد المغناطيسية. وعبر هيستون عن تحقيق هذا الأمل بإتمام أرصاد الميل، وخريطته التى انحصرت فى جنوب شرق انجلترا، ولم تنشر خريطة الميل على المستوى العالمى إلا عام ١٧٦٨ ليوهان كارل ويلسكى (JOhan Carl Wilcke) السويدى. وقد جاءت هذه الخريطة لتؤكد صحة توقعات جلبرت



(شكل ٢٧) خريطة عالمية تبين خطوط تساوى زاوية الميل لسنة ١٩٥٥ (البحرية الأمريكية)



(شكل ٢٨) خطوط عالمية تبين خطوط تساوى زاوية الإنحراف لسنة ١٩٥٥ (البحرية الأمريكية)

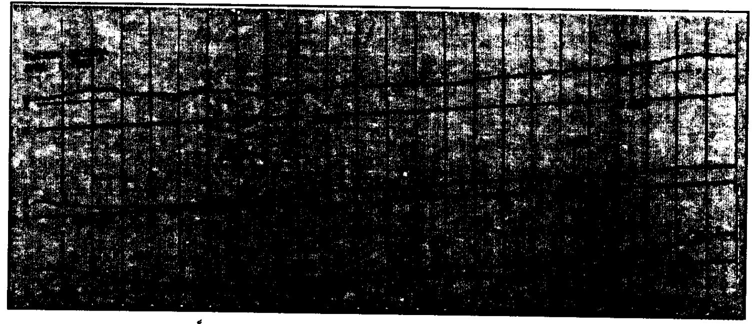
فيما يتعلق بتوزيع الميل (شكل ٢٧). أما العلاقات المناظرة للشدة الكلية للمغناطيسية الأرضية فقد اكتشفها لامانون (Lamanon) عام ١٧٨٧ وكذلك هام بولت (Humboldt) فى رحلاته فى أمريكا (١٧٩٨ - ١٨٠٣) كل على حدة. كذلك قدمت رحلات دوبرى (Duperrey) توضيحات أكثر عن هيئة المغناطيسية الأرضية ولاسيما بالنسبة لخط الاستواء المغناطيسى ويبين شكل (٢٧ و ٢٨) خريطتى تساوى الميل وتساوى الإنحراف للحقبة ١٩٥٥ .

(اكتشاف التغير اليومى فى زاوية الإنحراف)

ظل الاعتقاد بأن التغير الحقبى هو التغير الزمنى الوحيد فى المغناطيسية الأرضية لنصف قرن من الزمان. وفى عام ١٦٨٥ سجلت جماعة من الإرساليات الفرنسية كانوا ضيوفا على ملك سيام قياسات متتالية لزاوية الإنحراف يومى ٩ و ١٠ ديسمبر. لم تكن القياسات متطابقة بل كانت منتشرة من ١٦ درجة غربا إلى ٣٨ درجة غربا. وحيث أن جميع هذه الأرصاد تمت فى نفس المكان (فى لوفر، تدعى الآن لوب بورى فى تايلاند) فلابد أن نعتبرها نموذجاً لأرصاد مبكرة أو عزت بحدوث تغيرات عابرة تطرأ على إتجاه البوصلة.

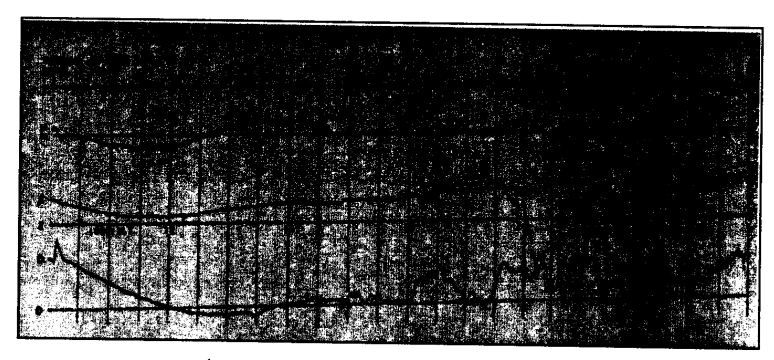
ويعتبر حساب إكتشاف التغير اليومى للساعاتى المرموق فى لندن. جورج جراهام(George Graham) ، الذى قام بمئات القياسات لزاوية الإنحراف المغناطيسى فى أوقات مختلفة أثناء اليوم، ونشر فى عام ١٧٢٢ إعلاناً باتاً بإكتشافه. بعد ذلك بسنوات قليلة، وبمساعدة إبرة صنعت خصيصاً لهذا الغرض، تحقق الكشف وبإسهاب بواسطة الفلكى السويدى أندرس سيليسيوس (Andres Celsius) (الذى ارتبط أسمه بمقياس درجة الحرارة). ثم أتبعه فى ذلك عدد كبير من الباحثين. ويبين (شكل ٢٩) تسجيلاً ليوم هادىء مغناطيسياً. وفى الحقيقة فإن التغير اليومى





(شكل ٢٩) تسجيل ليوم هادئ مغناطيسياً

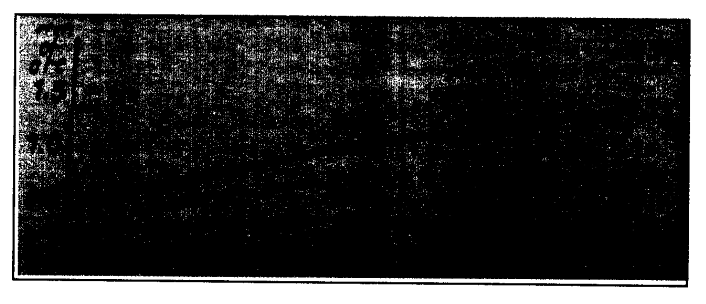
المغناطيسى بسبب تعقده وصفاته الدورية قد قدم مجالاً مثمراً للأبحاث العلمية. ويرجع الفضل لسيليسيوس مع زملائه ومن تبعه إكتشاف العلاقة بين الاضطرابات المغناطيسية والضوء القطبى عام ١٧٤٧ . ويبين شكل (٣٠) تسجيلاً ليوم عاصف مغناطيسياً.



(شكل ٣٠) تسجيل ليوم عاطف مغناطيسياً

كذلك أتت إلى الضوء الدورات الموسمية فى التغيرات اليومية للمغناطيسية الأرضية (شكل ٣١)، وفى زاوية الميل بواسطة كانتون (Canton) عام ١٧٥٩، كذلك انقلاب كفة التغير فى خطوط العرض الجنوبية بواسطة جون ماكدونالد (John Mac Donald) عام ١٧٩٥ .



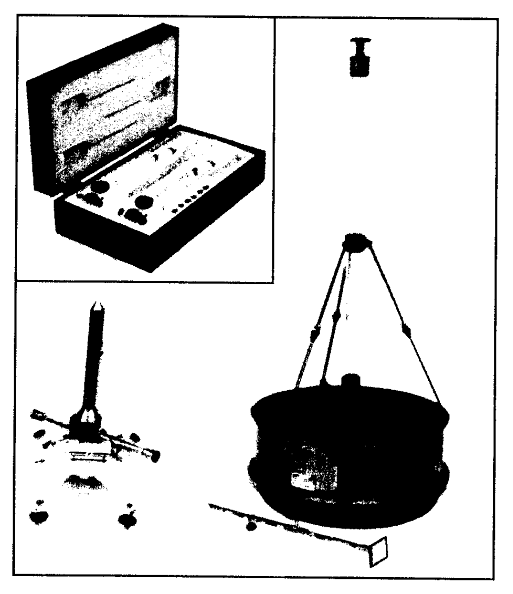


(شكل ٣١) السلوك الموسمى للتغير الشمسى بمرصد المسلات (حنفى ١٩٦٠)

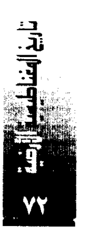
(التطورات تبلغ أوجها فى أعمال جاوس)

من المحتمل أن جراهام كان الأول فى إفتراض أن القيم النسبية لشدة المجال المغناطيسى الأرضى قد يتم الحصول عليها من ملاحظة التذبذب الوقتى لإبرة البوصلة، ولكن لم تكن له أرصاد مسجلة. أول من قام بهذه الأرصاد هو فريدريك ماليت (Frederick Mallet)، ووجد أن أوقات التذبذب متماثلة فى بطرس برم كما هى فى الصين عام ١٧٦٩، وفى عام ١٧٧٦ تجاوز جين شارلى بوردا (Jean Charles Borda) وهو فلكى ورياضى فرنسى عمل أعمال ماليت وأجرى قياسات، أثناء بعثته إلى جزر الكنارى، مستخدماً إبرة للميل المغناطيسى موضوعة فى دائرة السمت المغناطيسى، وبمثل هذا الوضع لإبرة ميل يمكن الحصول على القيم النسبية لشدة المجال الكلية، أما تذبذب إبرة البوصلة، يعطى قيماً نسبية لشدة المركبة الأفقية. وعندما نأخذ فى الأعتبار حدودية الأجهزة المستعملة حينئذ، فمن المحتمل أن الدقة الكبرى يتم الحصول عليها بواسطة إبرة الميل أكثر من ابرة البوصلة. ونظراً للتطور، وبناءاً على جهاز متطور، مزود بمغناطيس معلق بفتيل حريرى، قد يرجع إلى هانستين (Hansteen) أمكنه الحصول على قيم أكثر دقة بالمغناطيس الأفقى.

وبدون شك كان بواسون (Poisson) (١٨٢٨) هو أول من استنبط طريقة لإجراء تعيين الشدة المطلقة للمغناطيسية الأرضية، ولكن يبقى ل جاوس (Gauss) وضع الخطوات العملية المتكاملة لهذا الغرض، وهى طريقة مازالت تتبع على مدى واسع، ونشرت أولى اوراقه عن المغناطيسية الأرضية عام ١٨٣٢ وخصصت لهذا الموضوع، وبعدها بأشهر قليلة بالإشتراك مع فيبر (Weber) فى جوتنبرج أنشأ مغناطو مترا بفتيل تعليق لقياس الإنحراف والشدة الكلية. وفى نفس العام أسس مرصداً للمغناطيسية الأرضية فى جوتنبرج، وأنشأ جهازاً ملائماً لقياس تغيرات زاوية الإنحراف والشدة الكلية. ومن المؤثر أن تقارن بين جهاز جاوس، الذى يشتمل على مغناطيس يزيد طوله عن ثلاثة أقدام ويزن ٢٥ رطلاً معلقاً بخيط خاص طوله سبعه عشر قدم مع جهاز حديث مزود بمغناطيس أقصر من مسمار صغير معلق بفتيل بلورى أقل من ٦ بوصات طولا (شكل ٣٢) . وفى عام ١٨٣٨ نشر



(شكل ٣٢) تطور أجهزة قياس المركبة الأفقية وزاوية الإنحراف

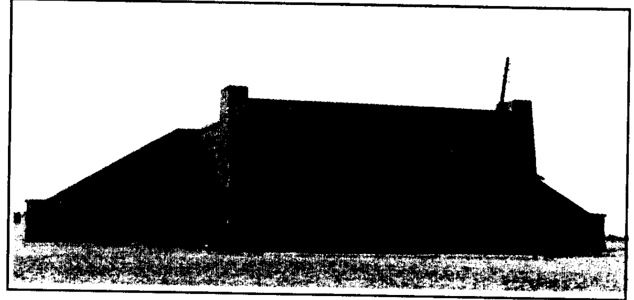


جاوس ورقته الشهيرة عن المغناطيسية الأرضية، وفيها قدم معادلة الجهد المعروفة بحدودها الكروية الهارمونية لتمثل حقائق المغناطيسية الأرضية كما هى معروفة فى ذلك الوقت. وتشكل هذه الطريقة الأسس لمعظم الأبحاث الرياضية بالنسبة للتوزيعات المتبادلة والمختلفة للمغناطيسية أو التيارات الكهربائية التى تفترض لحساب المغناطيسية الأرضية.

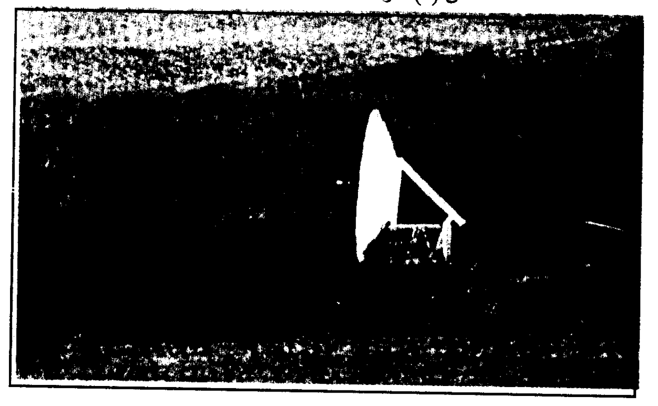
وجهت هذه الدراسة للمغناطيسية الأرضية ككل الإنتباه إلى الحاجة لمعلومات دقيقة وممتدة عن توزيع المغناطيسية الأرضية فوق السطح. وبمساعده هومبلت (Humboldt) نجح جاوس فى إستنهاض إهتمام العلماء فى الأقطار الأخرى. نجم عن ذلك برامج مبكرة للتعاون الدولى لدراسة الظواهر الطبيعية العالمية، وتم القيام بالمساحات المغناطيسية بدرجة كبيرة، أحاطت بعضها مناطق لم تتم بها أية قياسات مغناطيسية من قبل. وتعتبر بعثة روس (Ross) من أكثر البعثات تفوقا بقيامها بقياسات بجوار القطب الجنوبى المغناطيسى.

حالا بعد عام ١٨٤٠ أنشىء العديد من المراصد المغناطيسية لخدمة برامج عالمية فى نقاط متباعدة (شكل ٣٣) لتوفر بيانات متزامنة بالنسبة لتغيرات المغناطيسية الأرضية، بعضها توقف فى نهاية الفترة المحددة للتعاون الدولى، وبعضها استمر فى العمل لمدة أطول، وبعضها مازال مستمراً حتى يومنا هذا مثل المرصد فى تورنتو بكندا. من المؤثر التدوين بأن الفضل الأول يعود إلى همة الكسندر دالاس باش (Alexander Dallas Bache) المراقب السابق لمؤسسة مساحات الشواطىء فى تشغيل مرصد مغناطيسى فى جامعة جيرارد بفلادلفيا من عام ١٨٤٠ إلى عام ١٨٤٥، وتم رصد التغيرات فى واشنطن من عام ١٨٤٠ إلى عام ١٨٤٢، كما أنشأ مرصداً للمترولوجيا والمغناطيسية بواسطة روسيا (Russia) فى سينكا بألاسكا عمل فى الفترة من عام ١٨٤٢ إلى عام ١٨٤٦ . وبالرغم من أن

الأجهزة فى تلك الأيام كانت أدنى مرتبة فى الدقة والاستعمال عما هى عليه الآن، إلا أن تشغيل هذه المراصد ساهم فى بناء الملامح الأساسية للتغيرات الطارئة فى المغناطيسية الأرضية.



شكل (أ) مرصد المسلات المغناطيسى

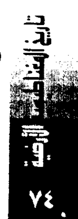


شكل (ب) مرصد هارتلاند المغناطيسى (انجلترا) (محطة فضائية)

(شكل ٣٣) بعض المراصد المغناطيسية

نمو المساحات المغناطيسية

منذ ذلك الحين وبإطراد استشعرت الدول أهمية معرفة المغناطيسية الأرضية، فأخذت الدول واحدة بعد الأخرى فى انشاء مؤسسات قومية للقيام بالمساحة المغناطيسية فى أراضيها. وقد أخذت بريطانيا الريادة فى



إجراء مساحة مغناطيسية لجزرها فيما بين عام ١٨٣٦ وعام ١٨٣٨ وأعيد العمل مرة أخرى وامتد إلى الهند واستراليا ونيوزيلندا ومصر وجنوب أفريقيا. كما قامت جميع الدول الأوروبية تقريباً بإجراء المسوحات المغناطيسية وبالمثل فى أقاليم واسعة فى آسيا وفى مصر وفى نصف الكرة الغربى.

وفى الولايات المتحدة كانت هناك أرصاد متفرقة لكل من لونج (Long) (١٨١٩)، ونيكولت (Nicollet) (١٨٣٢ - ١٨٣٦)، ولوك (Luck) (١٨٣٨ - ١٨٤٣) ولومس (Loomis) (١٨٣٨ - ١٨٤١)، والأسماء الأخيرة قامت بتجميع نتائج الأرصاد المغناطيسية وأعدوا أول خريطة مغناطيسية تغطى الجزء الشرقى للولايات المتحدة. أيضاً فى هذه الفترة تم عمل مساحة مغناطيسية فى بنسلفانيا وأجزاء من الولايات المجاورة قام بها باش (Bash) (١٨٤٠ - ١٨٤٣).

ولما أعيد تنظيم مؤسسة حماية الشواطىء فى عام ١٨٤٣، أدخلت القياسات المغناطيسية ضمن أعمالها المنتظمة، ومنذ ذلك الوقت تم أخذ العديد من القياسات المغناطيسية أولاً بالسواحل ومؤخراً بالولايات الداخلية.

ولقد قطعت مصر شوطاً طويلاً فى هذا المجال بمنطقة العباسية قبل نقل المرصد الفلكى إلى موقعه الحالى بحلوان عام ١٩٠٣ حيث بدأ فى تسجيل عناصر المغناطيسية الأرضية، ونظراً لكهربة قطار القاهرة - حلوان، تم نقل المرصد المغناطيسى إلى منطقة المسلات بمحافظة الفيوم عام ١٩٦٠، ومنذ ذلك الحين تجرى القياسات والأبحاث المغناطيسية على قدم وساق.

الخـاتمـة

بدون اجـهـاد كى نسـرد التطورات العـديدة والسـريعـة فى علم المغناطيسـيـة الأرضـيـة منذ أيام جـاوس فـلابد أن نبين أن هذه التطورات جاءت ثمـارا لتعاون ملحوظ تقليدى فى سبل متعددة وطبقت رسمياً من خـلال هـيـاكل ومؤسـسـات مثـل المنظمـة الدولية للمتـرولوجيا، ووكالة السنة القطبيـة الأولى، والثـانيـة، والجـمـعـيـة الدولـيـة للمغنـاطيسـيـة الأرضـيـة والإيرونومى، والجمعيات الخاصـة للسنة الجيوفيزيقيـة الدولية وخليفتها الجمعية الجيوفيزيقية الدولية. وهناك إرتبـاطات هائلة بين هذه المنظمـات.

التاريخ المبكر للمغناطيسية الأرضيـة، إجمالاً، بدأ ضمن علوم العصور الوسطى للحجر المغناطيسى لعدة قرون محـاطاً بخرافات وأسرار غـامضـة يشـوبهـا العجب وبدون تطبـيق عـملى، إلى أن وجدنا البـحـارة فى النهـاية مـزودين ببـوصـلات عـائمـة تسـتـخـدم فـقط كـآخـر ملجـأ عنـدمـا يصـعب الاسـتطلاع بـالوسـائل الأخـرى فى تحـديد الاتجـاهات. ومع ذلك فـمنذ إستخدام البوصلة العائمة تبين تدريجيا فوائدها التى لا تحصى فى تنمية التجارة البحرية، وبسرعة حل محل البوصلة العائمة البوصلات المتطورة مما أدى إلى الإكتشافات بالتوالى للإنحـراف المغناطيسى، وزاوية الميل والتغير الحقبى، والتغير اليومى، والتغيرات العابرة، إصدار خرائط تساوى الإنحـراف والميل. وأخيراً لاحظنا أبحاث جاوس ومعاصريه التى توجت أعمال المكتشفين القدامى، وبداية العلم الحديث.

كتب مبسطة للمؤلف

- ❖ التنقيب الجيومغناطيسى.
- ❖ التنقيب بالطرق الكهربائية.
- ❖ التنقيب بطرق الجاذبية الأرضية.
- ❖ الزلازل والتنقيب السيزمى.
- ❖ قصة الكرة الأرضية.
- ❖ عمر الكرة الأرضية.
- ❖ المغناطيسية الأرضية وتطبيقاتها الحديثة.
- ❖ الطاقة الشمسية فى خدمة أمان ورفاهية الإنسان.
- ❖ الطاقة الحرارية الأرضية متاعا للبشرية.
- ❖ النشاط الشمسى وأثره فى الكرة الأرضية.
- ❖ تاريخ المغناطيسية الأرضية.
- ❖ المغناطيسية الأرضية فى المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية فى مائة عام.

دكتور/ حنفي علي دعبس

أستاذ الجيوفيزياء بالمعهد القـــــــومي
للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية - حلوان

حصل علي بكالوريوس العلوم عام ١٩٦١ م من جامعة القاهرة ثم دكتوراه عـام ١٩٧٠ م في فلسـفـة العلوم في الطبـيـعـة الأرضـيـة من الأكـاديميـة التشيكوسلوفاكية (جيوفيـزياء) . تدرج في الوظائف العلمية بالمعهد حتي أستاذ باحث عـام ١٩٨٠ م . حيث عين رئيسـا لقسم المغناطيسية والتثاقلية الأرضـيـة (١٩٨٠ - ١٩٨٦) ثم نـائبـا لرئيس المعـهـد (١٩٨٦ - ١٩٩٥) ثم رئيساً للمعهد (١٩٩٥ - ١٩٩٧) ثم أستاذ باحث متفرغ بالمعهد حتي الآن.

وشـغل عـضـوية ورئاسـة مـجلس إدارة المعـهـد القـومي للبـحـوث الفلكيـة والجيـوفيـزيقيـة . ورئيس مجـمـوعـة عـمل المجالات الداخليـة والخـارجيـة المنبـثـقـة من IAGA ، وأيضـا عـضـوية كل من مـجلس إدارة الجـمـعـيـة الجيـوفيـزيقيـة المصـرية واللجنة القـومية للطبيـعة الأرضيـة والمكتب الفنـي لرئيس أكاديميـة البـحث العلمـي والتكنولوجيـا والأمـانـة الفنيـة لأكـاديميـة البحث العلمي والتكنولوجيا والمجلس الأعلي لمراكز ومعاهد البحوث .

في مجـال البـحث العلمي وتطبيـقاته نشر العـديد من البـحوث العلميـة والكتب في مجال الجيوفيزياء المختلفة. وندب للتدريس في بعض الجامعات المصـرية ويشرف علي بعض رسـائل الماجستير والدكتوراه ، ويمثل جـمهورية مـصر العـربيـة في العـديد من المؤتمرات والإجتمـاعـات الدوليـة في مجـالات الجيوفيزيـاء المختلفة بما فيها المؤتمرات الخاصة بأبحـاث العلاقات الشمس أرضية.

فهـــرس